

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Липецкий государственный технический университет»



На правах рукописи

Клявин Владимир Эрнстович

**РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ МЕТОДОВ
ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ СИСТЕМНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ**

Специальность 05.22.10 – «Эксплуатация автомобильного
транспорта»

Диссертация

на соискание ученой степени
доктора технических наук

Научный консультанты:
Заслуженный деятель науки,
д.т.н., профессор
Корчагин Виктор Алексеевич
д.т.н., профессор
Погодаев Анатолий Кирьянович

Липецк - 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....6

Глава 1

**Анализ современных научных исследований по повышению
безопасности дорожного движения15**

1.1 Необходимость снижения травматизма и повышения
безопасности дорожного движения15

1.2 Обеспечение безопасности дорожного движения в Российской
Федерации18

1.3 Информационные базы данных системы управления
безопасностью дорожного движения22

1.4 Анализ дорожно-транспортных происшествий в г. Липецке26

Выводы по главе.....35

Глава 2

**Новые научные методы повышения уровня системной
безопасности дорожного движения37**

2.1 О системной безопасности дорожного движения37

2.2 Концепция создания инновационной экспертной системы
безопасности дорожного движения41

2.3 Классификация городских улиц на основе кластерного анализа по
уровню обеспечения безопасности дорожного движения51

2.4 Определение принадлежности улицы к классификационной
группе62

2.5 Метод комплексной оценки уровня обеспечения БДД
(статический анализ)70

2.6 Метод комплексной оценки причин аварийности на городских улицах (динамический анализ)	81
2.7 Выбор наименее экологоопасного автомобиля для транспортных услуг	89
Выводы по главе.....	96

Глава 3

Разработка математических моделей прогнозирования показателей аварийности дорожного движения	98
3.1 Модели временных рядов как инструмент экспертной системы для прогнозирования дорожно-транспортных происшествий	98
3.2 Модель авторегрессии и проинтегрированного скользящего среднего	105
3.3 Модель экспоненциального сглаживания	118
3.3.1 Модель экспоненциального сглаживания для временного ряда без сезонной составляющей	118
3.3.2 Модель экспоненциального сглаживания для временного ряда с сезонными мультипликативными составляющими ...	138
3.4 Метод определения темпа изменения количества дорожно-транспортных происшествий	158
Выводы по главе.....	172

Глава 4

Научные основы формирования ответственного поведения участников дорожного движения	175
4.1 Концепция развития мониторинга и оценки состояния безопасности дорожного движения	175

4.2 Научно-практические подходы к формированию ответственного поведения участников дорожного движения	185
4.3 Научно-практический метод оценки уровня безопасности на основе поведения участников дорожного движения	190
4.4 Влияние социально-маркетинговых кампаний на формирование ответственного поведения участников дорожного движения ...	205
Выводы по главе.....	215

Глава 5

Социально-экономическая оценка эффективности мероприятий по предупреждению и снижению аварийности в условиях неопределённости	218
--	------------

5.1 Выбор мероприятий по повышению БДД на участке УДС и их социально-экономическая оценка на основе теории нечётких множеств	218
5.2 Социально – экономическая оценка эффективности реализации мероприятий по повышению БДД на участке УДС	230
5.3 Оценка инвестиционной привлекательности реализации мероприятий по БДД на УДС города в условиях ограниченного бюджета	238
Выводы по главе.....	253

Заключение	255
-------------------------	------------

Список сокращений и условных обозначений	260
Библиографический список.....	261

Приложение А (справочное) Справки о реализации научных результатов.....	290
--	------------

<i>Приложение Б (справочное) Исходные данные для кластерного анализа</i>	300
<i>Приложение В (справочное) Исходные данные и результаты расчёта статического анализа</i>	302
<i>Приложение Г (справочное) Исходные данные и результаты расчёта динамического анализа.....</i>	306
<i>Приложение Д (справочное) Исходные данные для разработки моделей прогнозирования показателей аварийности</i>	309
<i>Приложение Е (справочное) Результаты экспоненциального сглаживания с параметром $\alpha = 0,1$.....</i>	311
<i>Приложение Ж (справочное) Результаты расчётов для временного ряда с сезонными мультипликативными составляющими</i>	313
<i>Приложение И (справочное) Исходные данные для расчётов темпов изменения количества ДТП</i>	317
<i>Приложение К (справочное) Предварительные расчеты для определения цепных индексов цены</i>	319
<i>Приложение Л (справочное) Оценка риска социально-экономических показателей</i>	322
<i>Приложение М (справочное) Расчёт оценки риска снижения инвестиционных затрат</i>	328
<i>Приложение Н (справочное) Решение задачи нечёткого линейного программирования</i>	331

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) в своём «Докладе о состоянии безопасности дорожного движения в мире 2015» констатирует, что в результате дорожно-транспортных происшествий (ДТП) ежегодно обрывается жизнь почти 1,25 миллиона человек. От 20 до 50 миллионов человек страдают от несмертельных травм, многие из которых приводят к инвалидности.

Безопасность дорожного движения (БДД) является одной из важных социально-экономических и демографических задач Российской Федерации. Аварийность на автомобильном транспорте наносит огромный материальный и моральный ущербы как обществу в целом, так и отдельным гражданам. Дорожно-транспортный травматизм приводит к исключению из сферы производства людей трудоспособного возраста. Гибнут или становятся инвалидами дети.

По данным, приведённым в федеральной целевой программе «Повышение безопасности дорожного движения в 2013 - 2020 годах», ежегодно в Российской Федерации в результате ДТП погибают или получают ранения свыше 275 тысяч человек. На дорогах за последние 9 лет погибли 9852 ребенка в возрасте до 16 лет, травмированы 209223 ребенка. По данным ГИБДД в первом полугодии 2016 г. из 6816 смертельных случаев на дорогах России 1321 (19,4%) произошло по вине водителей в состоянии опьянения и на 3497 (51,3%) оказали сопутствующее влияние недостатки транспортно-эксплуатационного состояния улично-дорожной сети (УДС).

Обеспечение БДД является составной частью задач обеспечения личной безопасности, решения демографических, социальных и экономических проблем, повышения качества жизни и содействия региональному развитию.

Темпы роста автомобилизации в стране требуют масштабного развития транспортной инфраструктуры и научно-обоснованных методов организации и системного подхода в области обеспечения БДД. Решение этой крупной научной и важной народнохозяйственной проблемы приводит к объективной необходимости иметь научно-практический фундамент для повышения уровня системной БДД, что и предопределило выбор темы, актуальность научного исследования с учетом его теоретической и практической значимости, формулировку целей, приоритетных элементов новизны.

Степень разработанности проблемы. Известные из научных публикаций результаты теоретико-прикладных исследований по вопросам повышения уровня БДД посвящены рассмотрению отдельных направлений и решению локальных задач и не отвечают современным общепризнанным тенденциям по снижению дорожно-транспортного травматизма и аварийности. Эта проблема изучена не полностью и не соответствует реальным потребностям общества и российской экономики.

Отсутствие теоретико-методологических положений повышения уровня системной БДД требует постановки и решения крупной научной проблемы – развитие теории и разработки комплекса организационно-технологических, научных методов, математических моделей для обеспечения безопасного, эффективного и экологически улучшенного транспортного обслуживания.

Цель работы – создать научно-обоснованный теоретико-практический инструментарий для обеспечения безопасных условий движения транспортного потока, уменьшения дорожно-транспортной аварийности и загрязнения окружающей среды (ОС).

Для достижения цели **поставлены и решены следующие креативные задачи** развития теории и методологии повышения системной БДД:

- проанализировать обеспечение БДД в Российской Федерации;
- разработать теоретические и методологические положения представления объекта исследования «водитель-автомобиль-дорога-среда» (ВАДС) как подсистемы открытой социоприродоэкономической транспортной системы (СПЭТС);
- разработать теоретические и научно-методологические принципы функционирования экспертной системы безопасности дорожного движения и алгоритмы оценки риска возникновения ДТП;
- разработать теоретико-методические основы классификации участков автомобильных дорог и улиц муниципальных образований и метод определения принадлежности их к конкретной классификационной группе;
- разработать неформализованные научные подходы к реализации задач статической и динамической оценки риска возникновения ДТП на УДС и её отдельных элементах;
- разработать математические модели прогнозирования показателей аварийности;
- разработать метод определения темпов изменения количества и последствий ДТП;
- разработать метод оценки поведения водителей различных возрастных групп и социальных характеристик;
- предложить инструментарий поиска рациональных управленческих решений при планировании развития и реконструкции дорожной сети.

Объект исследования – подсистема ВАДС открытой социоприродо-экономической транспортной системы.

Предметом исследования являются научная методология и теоретико-практические подходы повышения уровня системной безопасности дорожного движения.

Рабочая гипотеза состоит в предположении, что применение разработанных теоретико-методологических положений, новых научных методов и математических моделей позволит обеспечить своевременные и эффективные управляющие решения в области БДД с минимальными издержками, направленные на снижение дорожного травматизма и уменьшение материального и экологического ущербов.

Методология и методы исследования. Диссертационная работа выполнена на основе проведённых научных исследований и многочисленных трудов ученых в области БДД. Методы исследований: системный анализ; макроэкономический анализ; математическая статистика и теория вероятностей; теории принятия решений, нечётких множеств, индексов, экспертных оценок, нечёткого математического программирования.

Научная новизна исследования состоит из следующих теоретических и методологических положений, научных и практических методов, математических моделей оптимизации систем обеспечения условий безопасного движения, которые **выносятся на защиту**:

- теоретико-методические основы классификации участков автомобильных дорог и улиц муниципальных образований и математическая модель определения принадлежности их к конкретной классификационной группе;
- концептуальные и теоретические положения реализации задач статической и динамической оценки риска возникновения ДТП на УДС на основе теории нечетких множеств;

- математические модели прогнозирования показателей аварийности, дающие возможность разработки упреждающих управляющих решений, оценки их эффективности;
- метод определения темпов количества и последствий ДТП как индикатор срочности принятия мер, направленных на снижение аварийности;
- теоретико-прикладные методы формирования целевых аудиторий для проведения мероприятий правоприменительной практики и социального маркетинга на основе оценки поведения водителей различных возрастных групп и социальных характеристик;
- научно-методические положения создания инструментария поиска рациональных управленческих решений при планировании развития и реконструкции дорожной сети, а также при планировании правоприменительной практики и социального маркетинга на основе принципа минимизации бюджета ограниченных ресурсов, обеспечивающего достижение заданного уровня БДД;
- теоретико-методологические основы формирования принципов функционирования экспертной системы безопасности дорожного движения, определяющие создание базы данных для представления объекта исследования, алгоритмы оценки риска возникновения ДТП на основе теории нечетких множеств, формулирование правил принятия управленческих решений, оценки эффективности влияния проектных и управленческих решений на повышение уровня системной БДД.

Совокупность полученных научных результатов подтверждает значительный вклад в развитие фундаментальных исследований, теории управления и принятия решений в области организации и повышения уровня БДД.

Теоретическая значимость работы. Получены новые результаты в виде совокупности теоретико-методологических положений,

математических моделей, научных методов, алгоритмов и программ, которые вносят существенный вклад в развитие теории и практики менеджмента по обеспечению БДД. Разработаны концептуальные научные основы и экономико-математический инструментарий экспертной системы для обеспечения нормативного уровня системной БДД при уменьшении травматизма и социально-экономического вреда обществу.

Практическая значимость. Разработанные теоретический базис и научно-прикладные основы методологии и методы могут быть использованы работниками федеральных учреждений, областных управлений и городских департаментов транспорта при: формировании общероссийской, региональной и городской программ повышения БДД и снижения дорожного травматизма; решении вопросов создания интеллектуальной экспертной системы безопасности дорожного движения; обосновании выбора рационального управляющего решения и поиска путей повышения уровня БДД.

Предложенные научно-методические основы, научные подходы, методы и математические модели достаточно универсальны и могут быть использованы при оперативном решении важных задач снижения дорожного травматизма, уменьшения материального и экологического ущербов, формирования поведенческих стереотипов безопасного вождения автомобилей и повышения уровня обеспечения БДД на автомобильных дорогах.

Апробация работы. Основные результаты исследований доложены, обсуждены и одобрены на 15 международных научно-практических конференциях и конгрессах: «Проблемы автомобильно-дорожного комплекса России» (Пенза, 2008, 2010, 2012), «Логистика промышленных регионов» (Донецк, 2010, 2012), «Транспорт-2014» (Ростов-на-Дону, 2014), «Транспортные и транспортно-

технологические системы» (Тюмень, 2010, 2017), «Инновационные подходы к решению технико-экономических проблем» (Москва, 2014), «Безопасность на дорогах ради безопасности жизни» (Санкт-Петербург, 2014, 2016), «Информационные технологии и инновации на транспорте» (Орел, 2015, 2017).

Реализация результатов работы. Значимость результатов исследования подтверждается тем фактом, что основные теоретические положения, научные результаты, математические модели и методы оптимизации использовались при разработке и решении важных проблем по **6 грантам: Минобрнауки РФ** в области фундаментальных исследований: 1. «Научные основы создания ноосферологических социоприродоэкономических транспортных систем»; 2. «Информационная модель обеспечения эффективного и экологически улучшенного грузодвижения в городах»; при выполнении международных проектов: а) «Глобальная программа по БДД», научный консультант Корчагин В.А., руководитель Клявин В.Э., совместно с учеными Университета Джонса Хопкинса (США) по заданию ВОЗ; б) «Повышение эколого-экономической эффективности организации грузодвижения в г. Душанбе», выполненный совместно с Таджикским ГТУ в) «Проведение обследования по вопросам доступности и использования детских удерживающих устройств в Липецкой области», выполненный по заказу ВОЗ; г) при осуществлении Миссии ВОЗ: «Оценка БДД в Туркменистане»; при выполнении и разработке: научно-технических программ по исследованию состояния организации и БДД, научных основ и мероприятий по снижению дорожно-транспортного травматизма в Липецкой области.

Справки и акты о внедрении: Всемирная организация здравоохранения в Российской Федерации; управление инновационной, промышленной политики и транспорта, управление дорог и транспорта и

управление ГИБДД УМВД России по Липецкой области; управление ГИБДД УМВД России по Воронежской области; Департамент транспорта Администрации города Липецка; областное казенное учреждение «Агентство автомобильного транспорта Липецкой области»; МУП г. Воронежа «Центр организации дорожного движения»; ООО «Центр организации движения», г. Воронеж; ФГБОУ ВО «Липецкий ГТУ».

Достоверность результатов. Обоснованность и достоверность выносимых на защиту научных положений и выводов обеспечиваются принятой методологией исследования, включающей в себя современные научные методы, системный анализ, теории нечётких множеств, индексов, корректностью разработанных математических моделей, аprobацией при обсуждении результатов диссертации на международных научно-технических конференциях, использованием в практической деятельности (10 справок о внедрении), что позволило обеспечить презентативность, доказательность и обоснованность полученных результатов.

Личный вклад автора заключается в постановке и решении актуальной и крупной научно-производственной проблемы на основе разработанных: концепции исследования, идей и целей диссертационной работы; теоретико-методологических и научно-методических положений для решения всех элементов научной новизны; новых научных подходов, математических моделей на всех этапах выполнения исследования (от поиска научно-прикладных важных задач до реализации их на практике). Большая заслуга соискателя в том, что получены новые научные результаты, соответствующие национальным приоритетам инновационного научно-технологического развития России.

Основные теоретико-методологические положения и результаты диссертационного исследования в 2002 - 2017 гг. опубликованы в 67 печатных работах, в том числе 12 научных статей в 8 ведущих изданиях

из Перечня ВАК, в **3** монографиях, **5** статей в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования (Scopus, Web Of Science), получено 2 патента на полезную модель и 3 свидетельства государственной регистрации программ для ЭВМ по повышению БДД, принято 2 заявки на патенты изобретений. В опубликованных работах и диссертации автору принадлежат методологические основы, научные идеи и положения, теоретические и расчётно-прикладные разработки.

Очень важно, что получены новые научные результаты, соответствующие национальным приоритетам инновационного научно-технологического развития России.

Глава 1

Анализ современных научных исследований по повышению безопасности дорожного движения

1.1 Необходимость снижения травматизма и повышения безопасности дорожного движения

14 марта 2016 г. в г. Ярославле под председательством Владимира Владимировича Путина состоялось заседание президиума Государственного совета, посвящённое вопросам безопасности дорожного движения в Российской Федерации, на котором во вступительном слове Президент сказал: «В нашей повестке – вопросы повышения безопасности дорожного движения. Речь идёт, прежде всего, о сохранении жизни, здоровья тысяч граждан нашей страны, а это, как мы понимаем, важнейшее направление государственной политики. Добавлю, что уровень безопасности дорожного движения напрямую влияет и на устойчивость социально-экономического развития, на эффективную работу всей транспортной инфраструктуры России».

Ущерб от дорожно-транспортного травматизма составляет в странах с низким уровнем дохода около 1% валового национального продукта, в странах со средним уровнем дохода до 1,5%, а в странах с высоким уровнем дохода может достигать 2% [213].

По данным ВОЗ, смертность от дорожно-транспортного травматизма составляет более 25% от всех случаев смерти в результате травм [22, 214]. На рисунках 1.1 и 1.2 показаны диаграммы распределения непреднамеренных травм, приведших соответственно к смертности, и по показателю DALY, представляющего собой потенциально потраченные годы жизни из-за преждевременной смерти и потери нетрудоспособности [209].

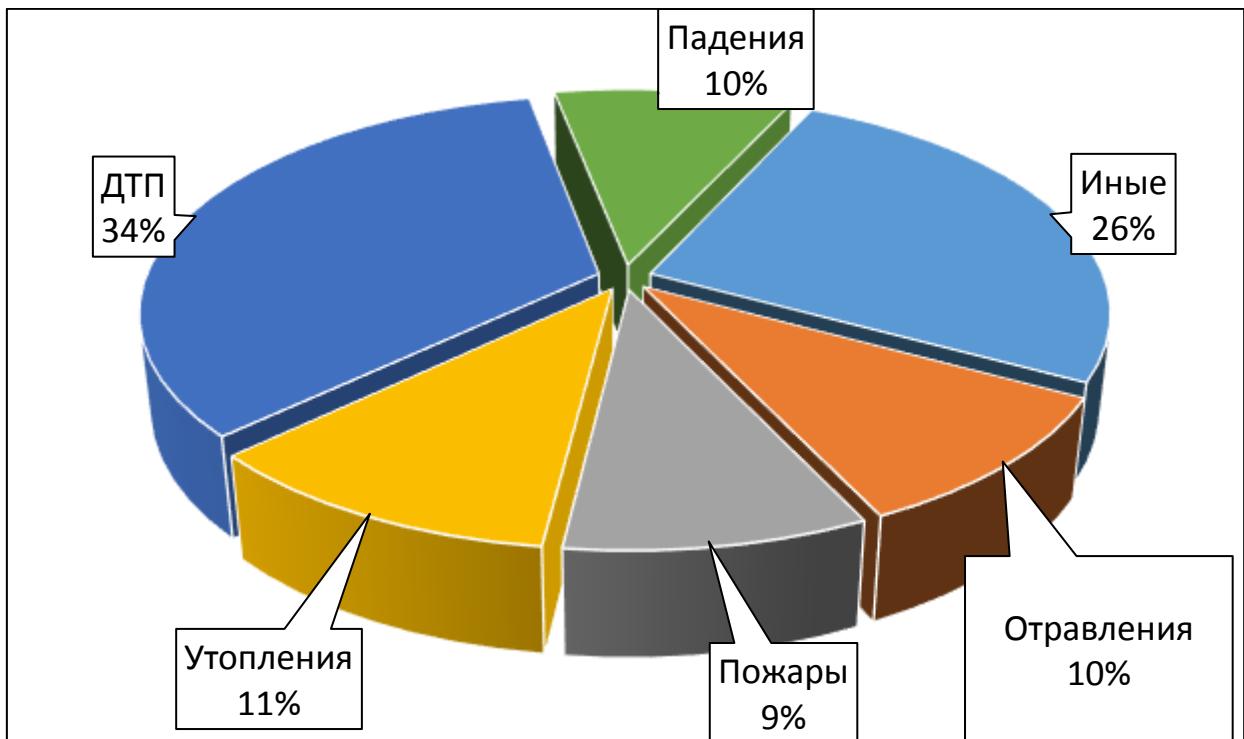


Рисунок 1.1 - Диаграмма распределения погибших по видам непредумышленных травм

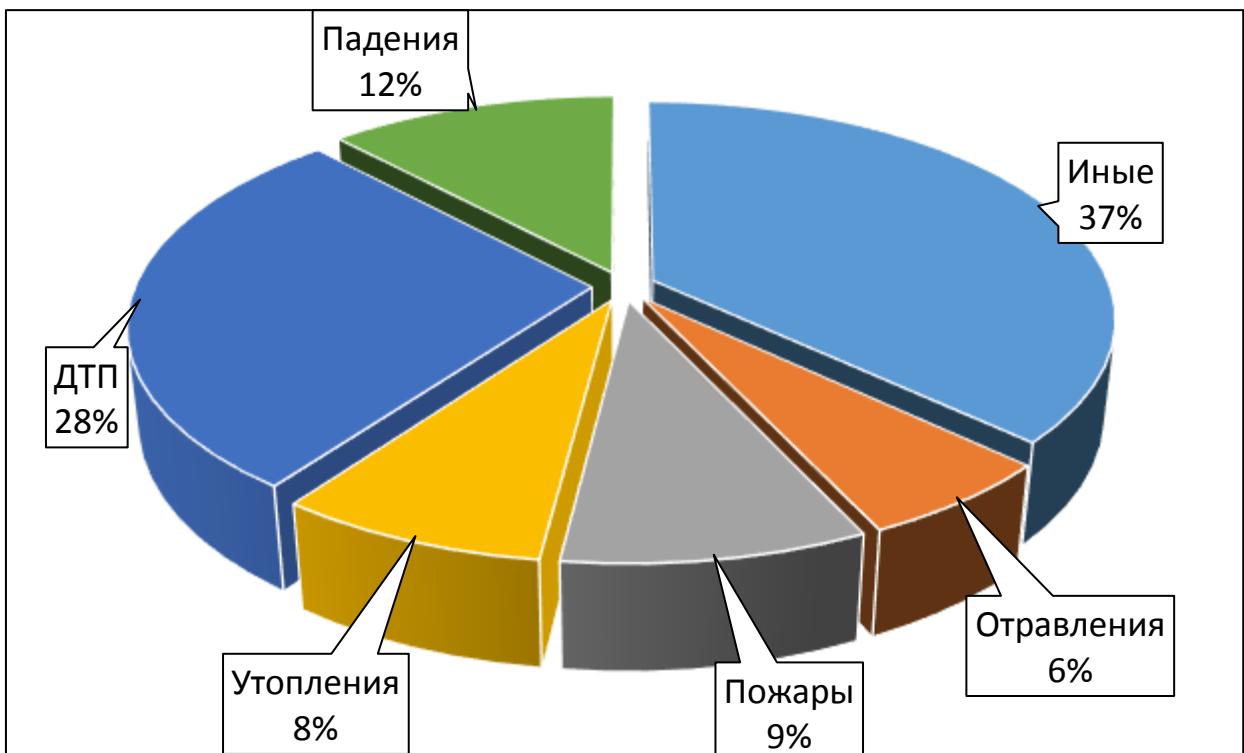


Рисунок 1.2 - Диаграмма распределения показателя DALY по видам непредумышленных травм

Как показывает опыт стран с высокими доходами населения, проблемы дорожно-транспортного травматизма, несмотря на высокие темпы автомобилизации, могут успешно решаться [203, 207-209, 215, 225, 230, 232]. Всё большое число европейских стран в отношении дорожно-транспортного травматизма принимает политику «Нулевой смертности» на автомобильных дорогах [216-219, 226, 227, 233, 234, 237]. Однако во многих странах, активно осуществляющих деятельность по повышению дорожно-транспортной безопасности, существует недопонимание сложности проблемы, что приводит к недофинансированию практических мероприятий [213, 216, 226, 236].

Демографические проблемы Российской Федерации диктуют необходимость в значительном усилении государственной деятельности в повышении уровня БДД [132, 191, 193]. За последнее десятилетие внимание государства к проблемам дорожного травматизма существенно возросло. Реализована Федеральная целевая программа «Повышение безопасности дорожного движения в 2006-2012 годах», в 2007 г. утверждена «Концепция демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года», с 2013 г. действует Федеральная целевая программа «Повышение безопасности дорожного движения в 2013-2020 годах». В последние годы происходит устойчивое снижение количества ДТП, числа погибших и раненых (рисунок 1.3). Однако ситуация с дорожно-транспортным травматизмом остаётся тяжёлой, что подтверждается высоким уровнем относительных показателей: по данным за 2016 г. число погибших в ДТП на 100 тыс. населения составило 13,7 человек (для сравнения в 2005 г. – 23,6). В Европе этот показатель в 2013 г. составил 9,3, самый низкий уровень в Швеции (2,8) и Великобритании (2,9) [210].

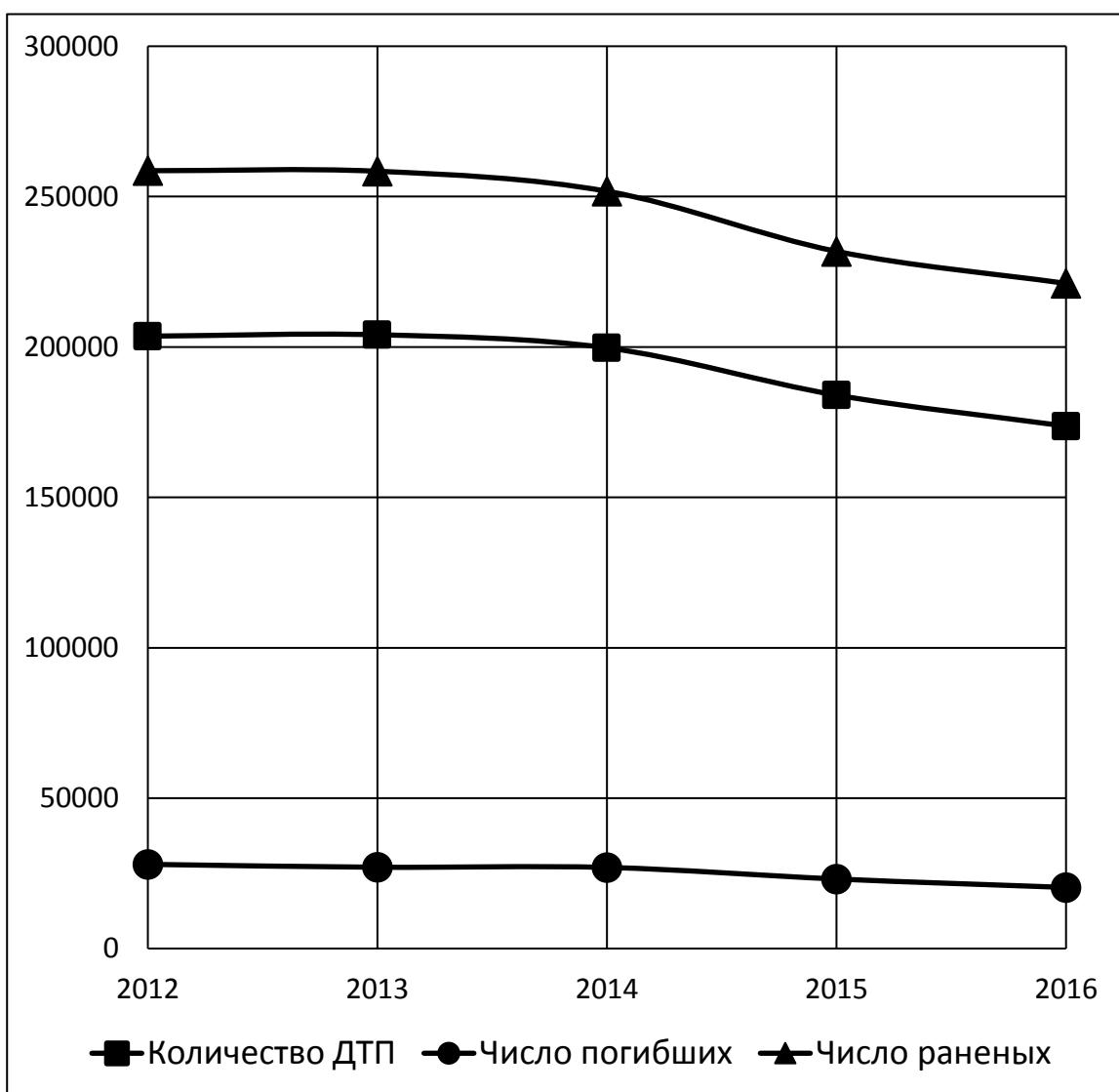


Рисунок 1.3 – Динамика основных показателей БДД

1.2 Обеспечение безопасности дорожного движения в Российской Федерации

В начале 70-х годов прошлого столетия проблема обеспечения БДД стала социальной проблемой государственной важности [158, 160]. В настоящее время государственная система обеспечения БДД имеет трёхуровневую структуру: федеральный, региональный и муниципальный уровни [165]. На федеральном уровне в Правительстве

Российской Федерации этой системой занимаются Министерство транспорта, Министерство внутренних дел и Правительственная комиссия по обеспечению БДД. Главными исполнительными органами являются, соответственно, Федеральное дорожное агентство (Росавтодор) и Главное управление по обеспечению безопасности дорожного движения МВД России, и их региональные и муниципальные подразделения. Основные функции: учёт показателей состояния безопасности дорожного движения и обеспечение соответствия состояния автомобильных дорог нормативному; разработка предложений по формированию и реализации основных направлений государственной политики; совершенствование законодательного и нормативно-правового регулирования; обеспечение координации деятельности федеральных органов исполнительной власти и органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации; совершенствование системы государственного контроля и надзора в области обеспечения безопасности дорожного движения [140, 142, 144, 147]. Необходимо отметить дублирование функций в различных ведомствах и отсутствие единого координационного центра по обеспечению БДД [154].

Общие проблемы обеспечения БДД рассмотрены в работах многих отечественных и зарубежных учёных [3, 6, 7, 9, 10, 15, 21, 24, 30, 37, 38, 43, 55, 57, 111, 120, 122, 153, 161, 162, 167-169, 172, 175, 178, 185, 195, 198, 231]. Вопросы выбора и оценки мероприятий по предотвращению аварийности и повышению БДД приведены в работах [1, 14, 47, 49-51, 53, 59, 60, 67, 71, 76, 77, 81, 83, 86-89, 94, 121, 131, 163, 173, 176]. Большое внимание как неотъемлемой части безопасности транспортного процесса уделяется вопросам экологии автомобильного транспорта [12, 61, 79, 96, 117, 118, 130, 170, 190].

Однако накопленный опыт в области БДД оказывается практически невостребованным, так как существует «проблема научного обеспечения системы безопасного дорожного как элемента, направленного на обобщение положительного мирового опыта, накапливания информации и знаний о влиянии различных факторов на безопасность дорожного движения, разработку технологий, методик, алгоритмов» [154].

В последнее время учёные начинают критиковать государственную политику в области обеспечения БДД [16, 112, 113, 128, 129, 135, 186, 188]. Необходимо от программно-целевого подхода к деятельности по обеспечению БДД [35] переходить к системному подходу, который предполагает государственную деятельность по предупреждению ДТП на всех уровнях, и, в первую очередь, на региональном и муниципальном. А это требует разработки простого, доступного, малозатратного инструментария по оценке и прогнозированию ситуации на автомобильных дорогах, выбора и обоснования первоочередного перечня мероприятий по повышению уровня БДД, включая работу по повышению правосознания участников дорожного движения.

В соответствии с действующим ОДМ 218.4.005-2010 [136] для оценки уровня БДД на участке дороги используются метод коэффициентов безопасности, метод коэффициентов аварийности, методы выявления участков концентрации ДТП.

Метод коэффициентов безопасности строится на отношении максимальной скорости движения на участке к максимальной скорости въезда автомобилей на этот участок, при этом нет характеристик этого автомобиля, и сам метод вызывает сомнение, так как при проектировании дорог различных категорий их геометрические

параметры плана, продольного и поперечного профиля регламентируются и определяют допустимую скорость.

Метод коэффициентов аварийности основывается на статистических данных, отличается сложностью и трудоёмкостью расчётов и в результате определяет сложный участок, требующий дальнейшего изучения для определения причин повышенной аварийности.

Метод выявления участков концентрации ДТП упрощён и утверждён на законодательном уровне [35]: «аварийно-опасный участок дороги (место концентрации дорожно-транспортных происшествий) - участок дороги, улицы, не превышающий 1000 метров вне населенного пункта или 200 метров в населенном пункте, либо пересечение дорог, улиц, где в течение отчетного года произошло три и более дорожно-транспортных происшествия одного вида или пять и более дорожно-транспортных происшествий независимо от их вида, в результате которых погибли или были ранены люди (абзац введен Федеральным законом от 03.07.2016 N 296-ФЗ)».

Для оценки степени аварийности на отдельных дорогах или дорожной сети в целом используется коэффициент относительной аварийности [136, 175], который показывает число ДТП по отношению к пробегу автомобилей или к числу проездов автомобилей, но в России учёт этих данных не ведётся [16, с.13].

Основными мероприятиями, рекомендованными Росавтодором [136, 175], являются планировочные мероприятия, оборудование дорог техническими средствами организации движения, повышение качества дорожных покрытий и, почему-то, совершенствование методов расчета и выбора параметров дорог, повышающих БДД, и создание специальных подразделений для решения вопросов обеспечения БДД.

Решение проблем дорожно-транспортного травматизма и аварийности на дорогах России требует пересмотра политики государства в сторону реальной, а не декларируемой, консолидации усилий государства, общества, научного сообщества. Для достижения этой цели необходимо:

- создание единого координационного центра и информационного пространства для всех государственных структур и иных учреждений, ответственных за БДД;
- повышение активности и ответственности региональных и муниципальных администраций в вопросах обеспечения безопасности движения;
- привлечение научного сообщества к решению задач снижения дорожно-транспортного травматизма и аварийности, в том числе за счёт грантов, как на федеральном, так и на региональном уровнях;
- разработка научно-практического инструментария по оценке и прогнозированию ситуации на автомобильных дорогах для оперативного управления БДД, в первую очередь, на региональном уровне;
- разработка научно-методологических подходов к обоснованному выбору мероприятий и (или) комплексов мероприятий по повышению БДД.

1.3 Информационные базы данных системы управления безопасностью дорожного движения

Нельзя отрицать положительного влияния автомобилизации на развитие экономики и общества. Но развиваться и функционировать без соответствующего обеспечения БДД транспортные процессы не могут и вызывают серьёзные проблемы при организации перевозок грузов и пассажиров в регионах, имеющих различные последствия на

социальное и эколого-экономическое развитие страны. Для понимания этих проблем служит, в том числе, и государственная статистическая отчётность.

В настоящее время учет ДТП в России осуществляется: органами внутренних дел, владельцами транспортных средств (ТС), государственными органами управления автомобильными дорогами, владельцами ведомственных и частных дорог, медицинскими организациями (рисунок 1.4). В государственную статистическую отчетность по ДТП включаются сведения только о ДТП, в которых погибли или были ранены люди [137, 145, 146].



Рисунок 1.4 – Система учёта ДТП с пострадавшими в России

Сведения о ДТП, в которых погибли или получили ранения люди, заносятся в специальную карточку учета ДТП и включаются в государственную статистическую отчетность по ДТП, которая ведется органами ГИБДД МВД России [146].

Решение вопроса о включении сведений о ДТП в государственную статистическую отчетность основано на определении погибшего и раненого. Согласно Правилам учета ДТП, к погибшим относятся лица, погибшие на месте ДТП либо умершие от его последствий в течение 30 последующих суток [145]. Раненый - лицо, получившее в ДТП телесные повреждения, обусловившие его госпитализацию на срок не менее 1 суток либо необходимость амбулаторного лечения.

Основным документом, формирующим сведения о ДТП, является карточка оперативного учёта, заполняемая сотрудниками ГИБДД, данные из которой поступают в соответствующую информационную базу. Карточка содержит 10 разделов: общие сведения, место совершения ДТП, вид и схема ДТП, дорожные условия, действия на месте ДТП, сведения о транспортных средствах (ТС), участвовавших в ДТП, участники ДТП, номера полисов ОСАГО, идентификационный номер пострадавшего, дополнительные сведения. Следует отметить перегруженность карточки сведениями, которые уже имеются в информационной базе ГИБДД. К ним относятся сведения о транспортных средствах (достаточно 12 пунктов из 26) и сведения об участниках (можно сократить на 4 пункта).

ГИБДД обязаны сверять сведения о погибших и раненых в ДТП с медицинскими организациями, и не реже одного раза в месяц проводить сверку данных о ДТП с владельцами ТС, государственными органами управления автомобильными дорогами, владельцами ведомственных и частных дорог [145].

Первичная информация, отраженная в карточках учета ДТП, из всех регионов направляется в общий государственный банк данных, на основании которых формируется государственная статистическая отчетность о ДТП, форма которой утверждена Федеральной службой государственной статистики [183] в соответствии с Постановлением

Правительства Российской Федерации № 894 [143] организован учет количества:

- ДТП и пострадавших по дням недели, времени суток и категориям;
- ДТП и пострадавших из-за нарушения Правил дорожного движения (ПДД) водителями ТС;
- ДТП и пострадавшие с участием пешеходов;
- ДТП и пострадавшие с участием детей;
- ДТП и пострадавшие по видам ДТП;
- ДТП и пострадавшие по местам совершения;
- ДТП и пострадавшие в них, с места совершения которых водители или транспортные средства скрывались;
- ДТП и пострадавшие в них, с участием автомобильного транспорта общего пользования и наземным электрическим транспортом по видам сообщения.

Государственные органы управления автомобильными дорогами, владельцы ведомственных и частных дорог осуществляют учёт ДТП в соответствии с ОДМ 218.6.015-2015. «Владельцы автомобильных дорог ведут учет ДТП, совершенных на автомобильных дорогах, находящихся в их ведении, на основе данных учета о дорожно-транспортных происшествиях, производимого органами внутренних дел Российской Федерации» [137]. При этом они могут в установленном порядке использовать автоматизированную систему учета и сбора сведений о ДТП органов внутренних дел Российской Федерации, однако этот межведомственный вопрос на сегодняшний день не согласован.

В медицинских учреждениях подлежат учету все лица, обратившиеся или доставленные для оказания медицинской помощи в связи с ДТП, а также погибшие вследствие ДТП [148].

На уровне организаций - владельцев ТС сообщения о ДТП регистрируются в журнале учета ДТП в течение одних суток независимо от последствий и размера материального ущерба [149]. Журнал должен быть пронумерован, прошнурован, скреплен печатью и подлежит хранению в течение 3 лет. Ответственность за полноту учета и правильность регистрации и передачи сведений о ДТП несет руководитель организации. Организации сверяют с городскими или районными органами внутренних дел сведения о ДТП с пострадавшими до 5-го числа месяца, следующего за отчетным.

Для учета ДТП с причинением материального ущерба до 2015 г. вёлся лишь журнал с записями, который находился в МВД. С 2015 г. сведения о ДТП этого вида вносятся в единую информационную базу, однако периодический анализ этих данных не проводится, несмотря на несомненную важность [44-46, 54, 74, 92, 95, 125-127].

1.4 Анализ дорожно-транспортных происшествий в г. Липецке

Липецкая область расположена в Центрально-Чернозёмном экономическом районе. Административный центр – г. Липецк. Протяжённость административного центра с севера на юг - 22 км, с запада на восток - 27 км. Площадь г. Липецка составляет около 330 км². В г. Липецке насчитывается более 700 улиц. Население г. Липецка около 500 тыс. чел.

Высокая аварийность в городе становится одновременно социальной, экономической и экологической проблемой. Нередко ДТП является причиной затора: участники ДТП, в ожидании приезда экипажа ДПС, могут занимать значительную часть проезжей части, тем самым, снижая пропускную способность участка дороги во много раз. Ежегодно в г. Липецке в среднем происходит около 1 000 ДТП с

пострадавшими и до 20 000 ДТП с причинением материального ущерба.

Опрос жителей областного центра показал, что состояние БДД в г. Липецке как удовлетворительное оценивают 44% опрошенных, хорошую и отличную оценки дали 29% респондентов [138]. Остальные 27% оценили состояние БДД как неудовлетворительное.

На рисунках 1.5, 1.6 и 1.7 показана динамика, соответственно, количества ДТП, числа погибших и раненых за период с 2009 по 2016 г. г. в г. Липецке и по области (за вычетом данных по областному центру).

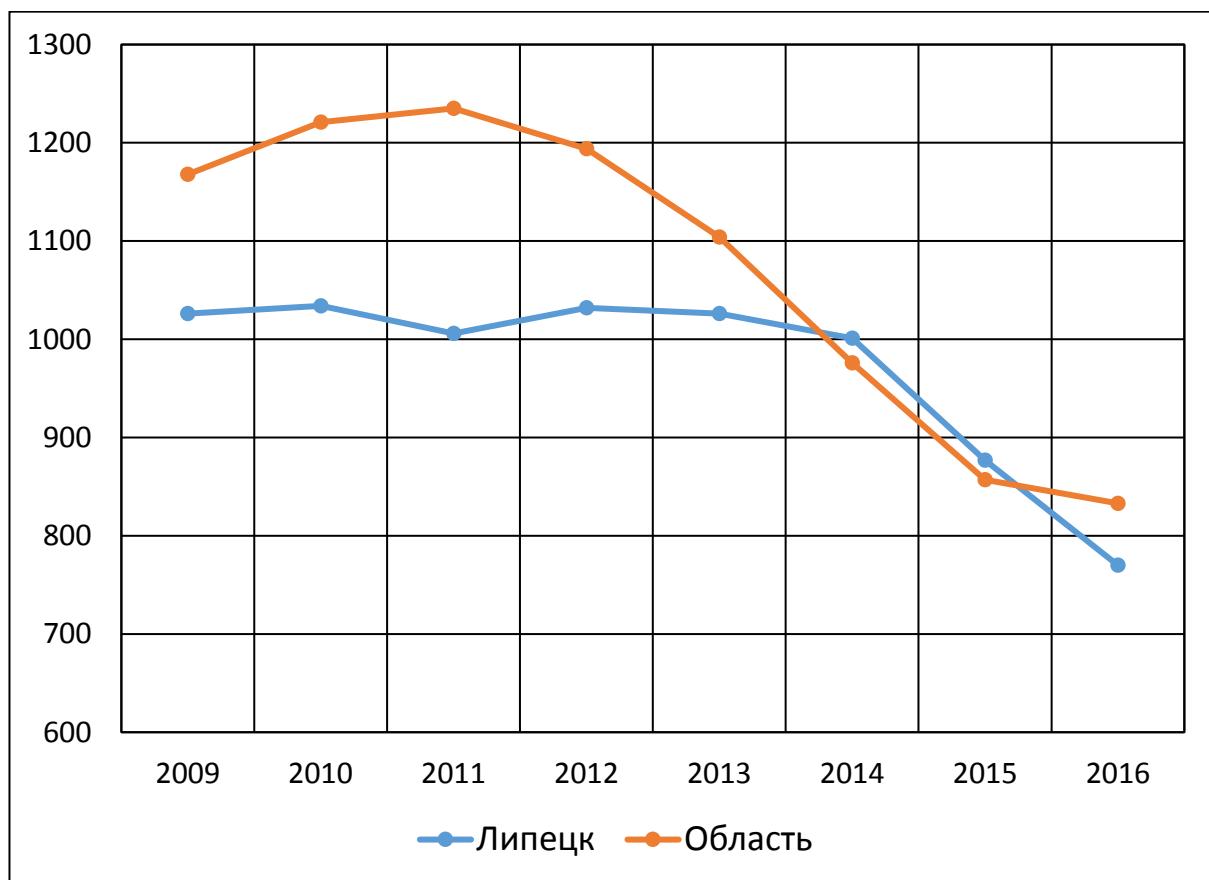


Рисунок 1.5 – Динамика изменения количества учётных ДТП

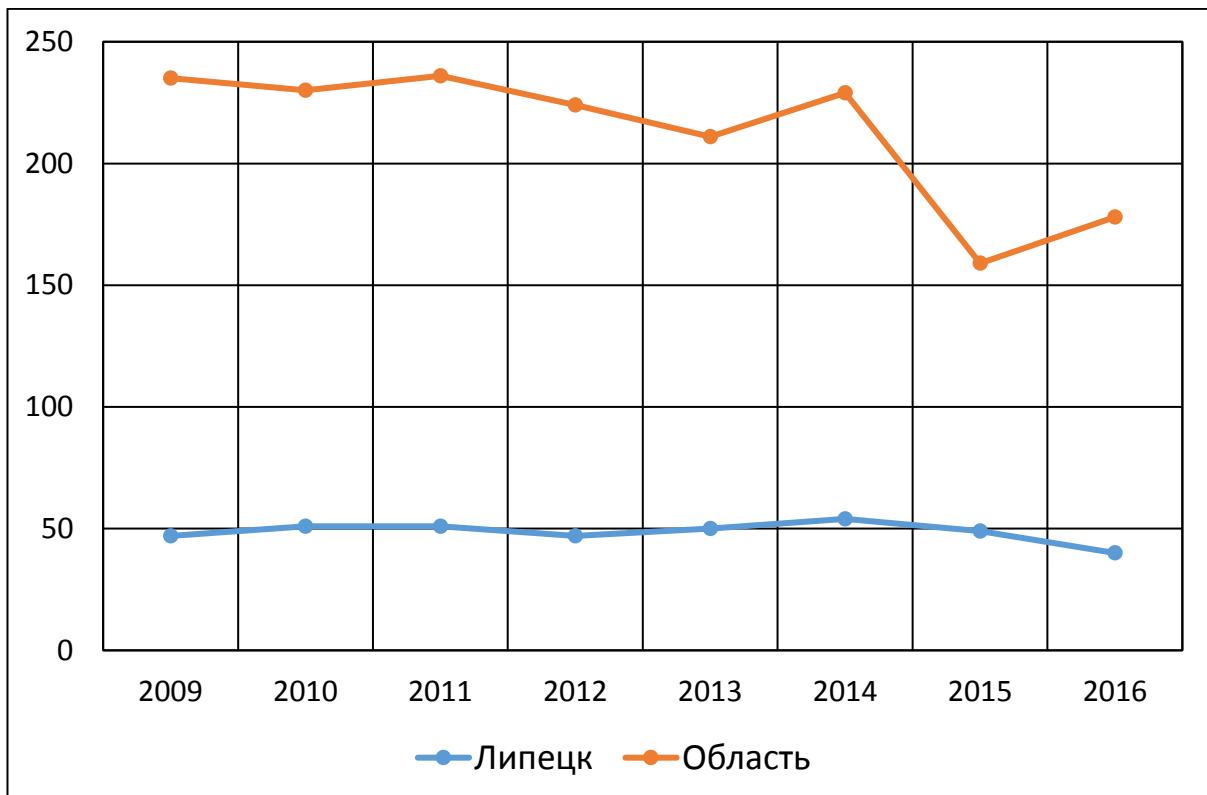


Рисунок 1.6 - Динамика изменения числа погибших

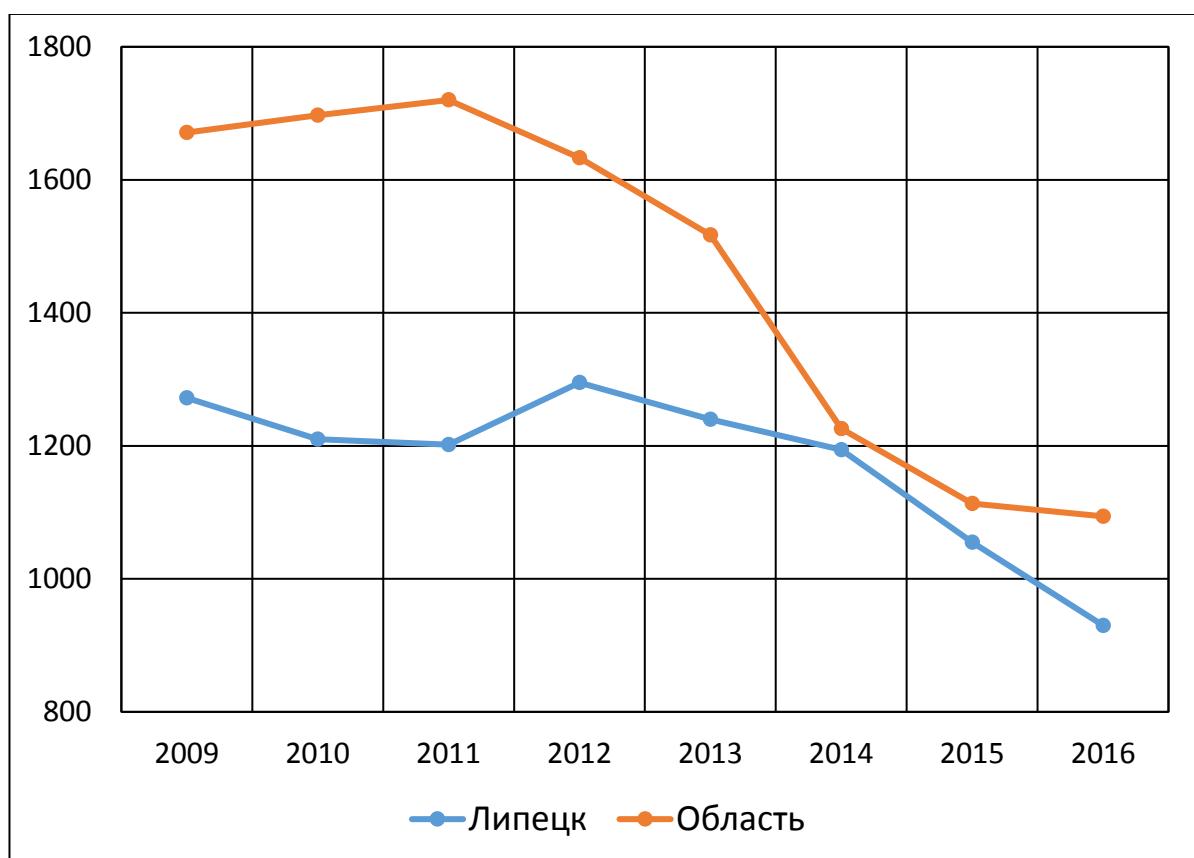


Рисунок 1.7 – Динамика изменения числа раненых

Анализ графиков позволяет сделать вывод, что около половины от количества ДТП и числа раненых, а также примерно четверть погибших, приходится на областной центр. Поэтому повышение уровня БДД в городах имеет первостепенное значение. Не менее важно повышать уровень БДД и на федеральных автомобильных дорогах, где происходит основное количество ДТП, в которых есть погибшие. Это связано, в первую очередь, с высокими скоростями движения и слабым надзором. Только в 2017 г. в Липецкой области появилось областное унитарное предприятие, одной из основных задач которого стало развитие фото-видео фиксации нарушений ПДД на дорогах области.

Учитывая высокую плотность транспортного потока, в городах значительная доля пострадавших в ДТП приходится на пешеходов. На рисунке 1.8 показана диаграмма распределения ДТП по видам, где на долю ДТП с пешеходами приходится 45%. На втором месте находятся столкновения, которые чаще всего связаны с выездом на встречную полосу, так как относительно небольшой процент многополосных улиц в г. Липецке имеет физическое разделение встречных потоков.



Рисунок 1.8 - Распределение ДТП по видам в городе Липецке

Распределение количества ДТП по сезонам, месяцам, дням недели и часам суток, рассчитанный в среднем за 5 лет, представлено соответственно на рисунках 1.9, 1.10, 1.11 и 1.12. Анализ приведённых данных говорит о типичности полученной картины. Большая часть ДТП (около 60%) приходится на лето и осень и распределяется между ними примерно поровну. Оставшаяся часть примерно в равных долях происходит зимой и весной. Наибольшая аварийность присуща периоду с июля по октябрь. Пятница является самым аварийным днём недели. Период времени с 17 до 20 ч является одновременно пиком интенсивности движения и аварийности.

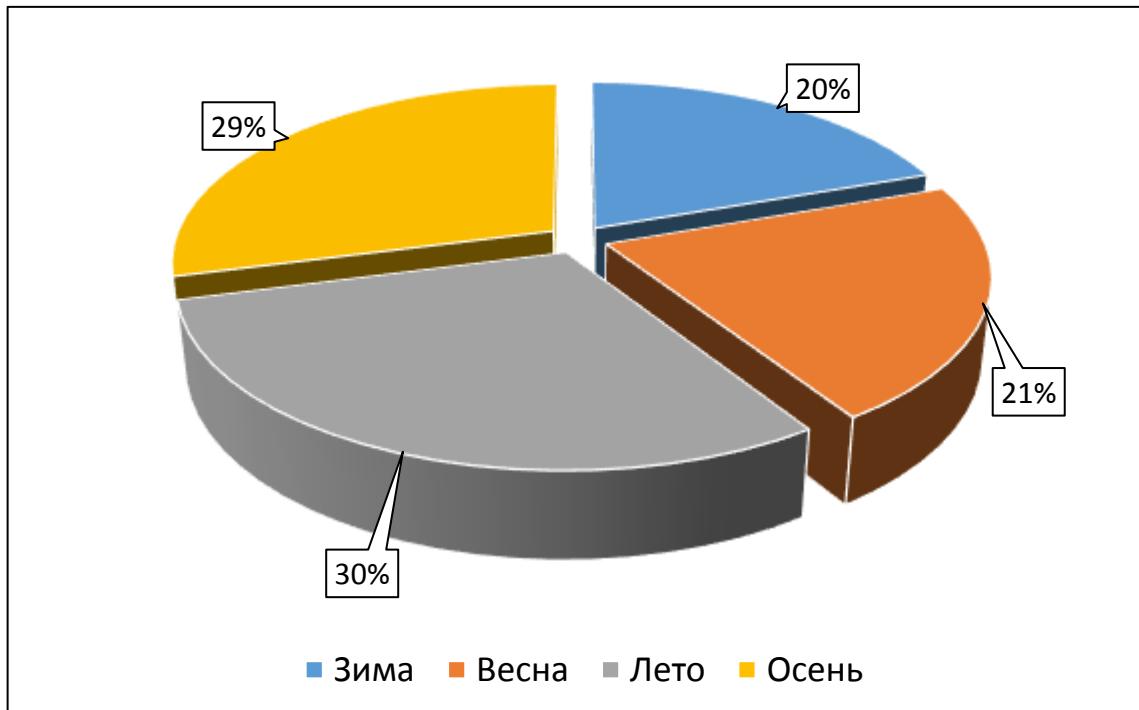


Рисунок 1.9 – Распределение количества ДТП по сезонам года

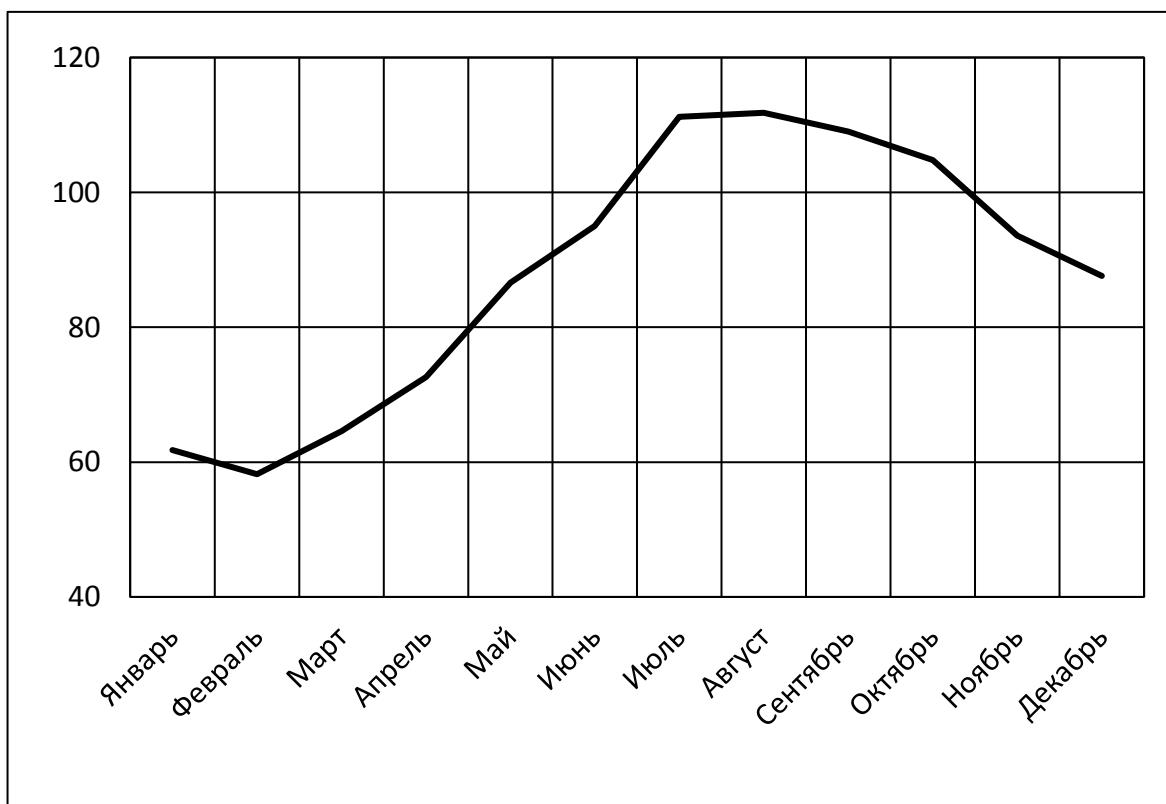


Рисунок 1.10 – Распределение количества ДТП по месяцам

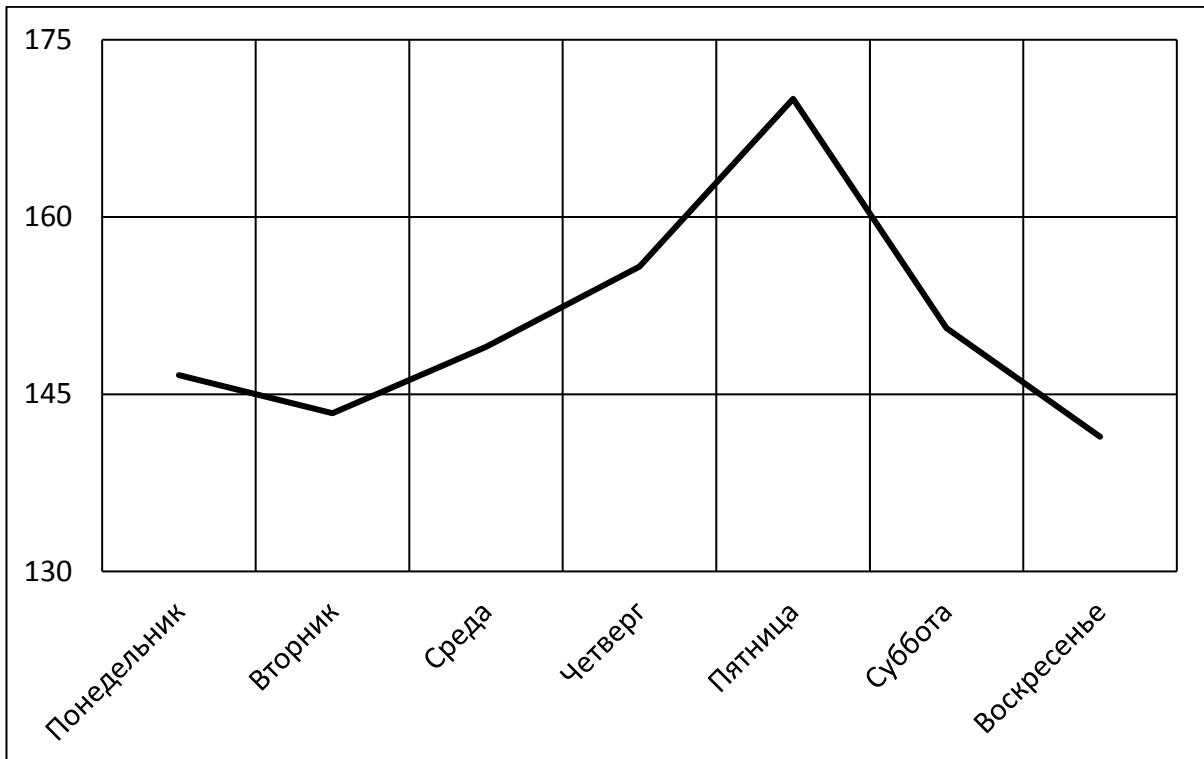


Рисунок 1.11 – Распределение количества ДТП по дням недели

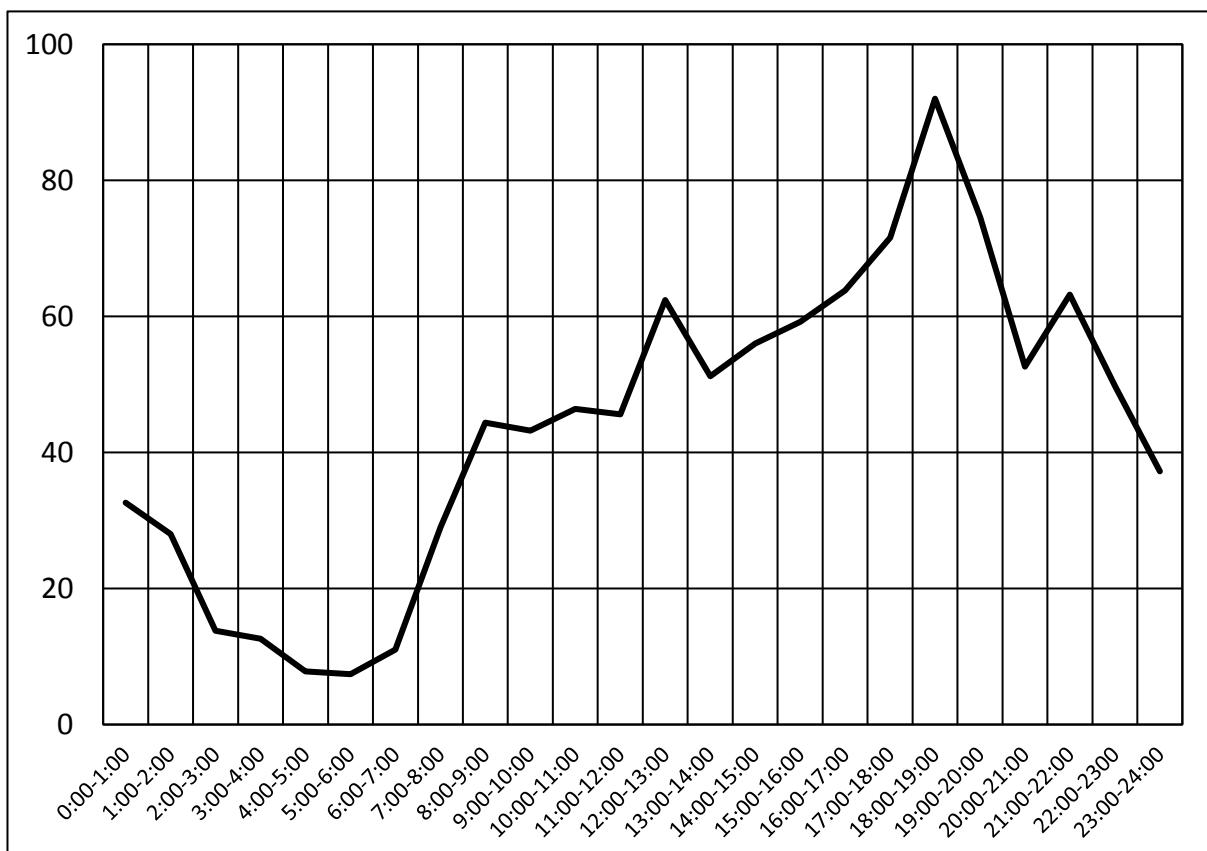


Рисунок 1.12 – Распределение количества ДТП по часам суток

Как было сказано выше, количество ДТП с причинением материального ущерба может превышать количество пострадавших до 20 раз. В течение 2011 г. в сотрудничестве с ГИБДД была создана база данных по ДТП с причинением материального ущерба [54]. Всего за рассматриваемый период поступили данные по 7 380 ДТП. На рисунке 1.13 приведена диаграмма распределения количества рассматриваемых ДТП по видам.

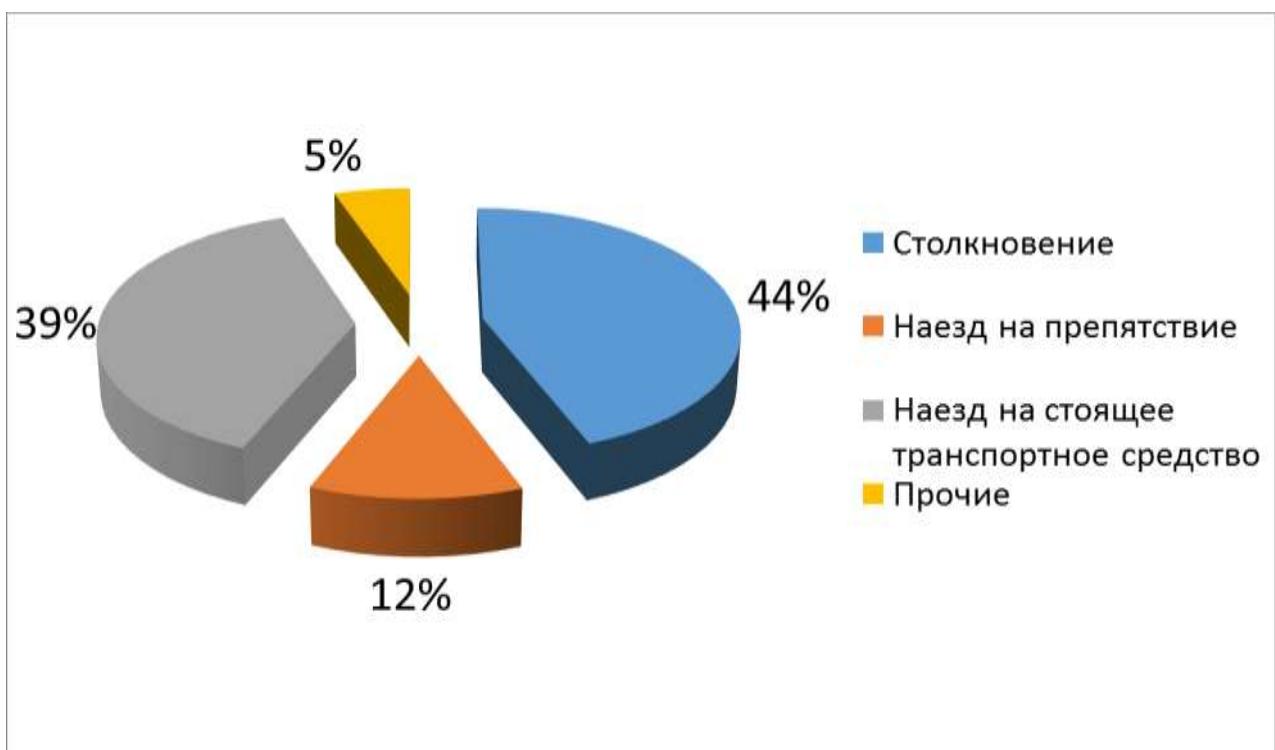


Рисунок 1.13 - Распределение количества ДТП по видам

Наиболее массовыми видами ДТП являются столкновение и наезд на стоящее транспортное средство. Третьим видом ДТП по значимости является наезд на препятствие.

Анализ распределения ДТП с причинением материального ущерба в зависимости от нарушения ПДД, предшествующего совершению ДТП (рисунок 1.14), отображает закономерности, связанные с высокой плотностью транспортных потоков в крупных

городах [1.3]. Наиболее часто (32%) причиной ДТП является превышение скорости и несоответствие скорости условиям движения (соответственно 8% и 24%). Достаточно распространённым нарушением является движение задним ходом (23%), что, как правило, связано с выездом с парковки на оживлённых улицах при осуществлении парковки под углом. Ещё почти третья часть нарушений, являющихся причиной ДТП, связаны с несоблюдением очерёдности проезда (13%), нарушением правил перестроения (9%) и неправильным выбором дистанции (6%).

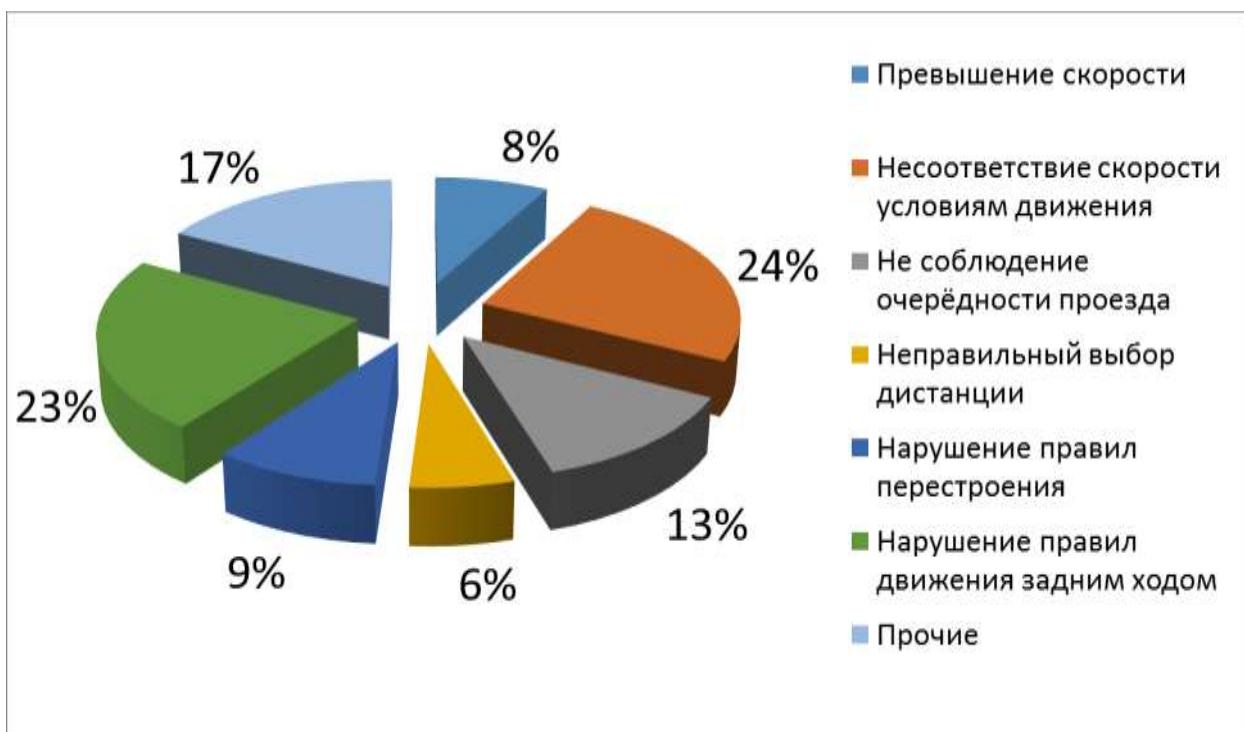


Рисунок 1.14 - Распределение ДТП с причинением материального ущерба в зависимости от нарушения ПДД, предшествующего совершению ДТП

За 2011 г. был выявлен 51 очаг аварийности, то есть мест, где произошло 3 одного вида или 5 более ДТП с пострадавшими в течение года. Проведённая одновременная работа по учёту ДТП с причинением

материального ущерба позволила выявить на улицах г. Липецка 468 очагов аварийности по ДТП этого вида.

Сравнение данных по двум видам ДТП показало, что в 84% случаев очаги аварийности ДТП с пострадавшими совпадают с очагами аварийности ДТП с причинением материального ущерба.

Если информация по ДТП с пострадавшими достаточно полная, более того, с 1 июля 2012 г. эта информация представляется в электронном виде, то информация по ДТП с причинением материального ущерба крайне ограничена [46]. С осени 2014 г. в Липецкой области по этому виду ДТП также введена электронная регистрация, что открывает широкие возможности для анализа аварийности и выработки мер по её предотвращению.

Выводы по главе

1. Проблемы дорожно-транспортного травматизма остро стоят перед мировым сообществом, оказывая существенное влияние на социально-экономическое развитие. Мировой опыт стран с низкими показателями аварийности показывает, что эти проблемы можно и необходимо решать.

2. В России государственная политика консервативна и требует пересмотра в сторону консолидации государства, общества и научного сообщества. Первоочередной задачей является создание единого координационного центра и информационного пространства для всех государственных структур и иных учреждений, ответственных за БДД. Важное условие достижения цели в вопросах обеспечения безопасности движения - повышение активности и ответственности региональных и муниципальных администраций.

3. Повышение эффективности деятельности в области БДД требует разработки научно-практического инструментария по оценке и прогнозированию ситуации на автомобильных дорогах для оперативного управления БДД в первую очередь на региональном уровне и научно-методологических подходов к обоснованному выбору мероприятий и комплексов мероприятий по повышению БДД.

4. Необходимо констатировать, что учёт ДТП с пострадавшими, осуществляемый органами внутренних дел в Российской Федерации находится на высоком уровне. Однако, отсутствие взаимодействия между ведомствами, организациями и структурами, связанными с обеспечением БДД, делает этот учёт малоэффективным.

5. Обеспечить единые подходы и общее информационное пространство можно только созданием экспертной системы, которая позволит не только обеспечить доступ всех заинтересованных ведомств и учреждений к необходимой для их деятельности информации, но и даст возможность в сжатые сроки распространять положительный опыт в сфере БДД на всех уровнях.

6. Требуется разработка неформализованных подходов к реализации задач оценки рисков возникновения ДТП и поведения водителей на автомобильных дорогах и улично-дорожной сети, а также поиска рациональных управленческих решений при планировании развития и реконструкции дорожной сети, при минимальной трудоёмкости и доступности.

7. Около половины от количества ДТП и числа раненых, а также примерно четверть погибших, приходится на областной центр. Поэтому повышение уровня БДД в городах имеет первостепенное значение. Не менее важно повышать уровень БДД и на федеральных автомобильных дорогах, где происходит основное количество ДТП, в которых есть погибшие.

Глава 2

Новые научные методы повышения уровня системной безопасности дорожного движения

2.1 О системной безопасности дорожного движения

Устойчивая природная система сформировалась в конкретных условиях и приобрела способность к саморегулированию. Она отторгает все, что может нарушить ее установившиеся внутренние и внешние связи, либо изменяется сама, чтобы сохраниться в новых условиях. Поэтому при несоответствии технической и природной систем не только возрастают строительные и эксплуатационные затраты, но и деградирует природная среда.

Системные исследования имеют устойчивую тенденцию к расширению сферы своих исследований, включению в нее анализа самых разных типов систем. Поведение этих систем столь разнообразно и специфично, что возникает вопрос о невозможности их исчерпывающих характеристики в рамках какой-либо одной формальной теории, но сохраняется актуальность поиска понятийно-концептуальной основы.

Совместно с научным консультантом профессором Корчагиным В.А. сформулировано комплексное понимание проблемы системной безопасности дорожного движения транспорта, в которую включены:

- безопасность дорожного движения;
- социальная безопасность;
- экономическая безопасность;
- природно-климатическая безопасность;
- технико-технологическая безопасность.

Экономическая безопасность государства – это такое состояние экономики и институтов власти страны, при котором гарантирована

социальная защищенность граждан и необходимые средства обороны в случае неблагоприятных условий развития внутренних и внешних процессов.

Угрозами транспортной безопасности могут быть случаи, причиняющие ущерб транспортной деятельности, жизни и здоровью граждан, а также экономической безопасности государства, предприятий и окружающей среде. По оценкам Федеральной службы государственной статистики, доля транспортных услуг в ВВП РФ, составляет 5,8%.

В федеральном законе «О безопасности дорожного движения» предусмотрена норма «обеспечения БДД как деятельности по предупреждению причин возникновения (тяжких) ДТП» [35], но в действительности требование закона нарушено и сведено к учету числа лиц, погибших в дорожном движении.

В [35] сформулирована цель закона: «обеспечения БДД» есть «деятельность, направляемая на предупреждение причин возникновения дорожно-транспортных происшествий, снижение тяжести их последствий». Ст.2 Закона, как «дорожного движения без опасности» не выполняется. О факторах и причинах в Законе в практике обеспечения БДД не освещается. Следствием недостатков является уход государства от решения задачи системной организации деятельности всех структур (в первую очередь ведущих научных школ университетов), взаимодействующих для достижения общей цели, следовательно, организации, которая на высоком научно-практическом уровне должна дать оценку степени влияния каждого вида планируемой деятельности на общесистемный результат обеспечения БДД, нет.

В деятельности по обеспечению безопасности дорожного движения (ОБДД) в России сегодня используется термин «программно-

целевой подход» [35], который не является синонимом понятия «системный подход». В нашей стране эта деятельность до сих пор не организована на принципах последнего — в строго научном его толковании. Между тем только реализация данных принципов может придать системам обеспечения БДД остро необходимые — для российской же практики суперинновационные (давно востребованные) — свойства, позволяющие предупредить опасные состояния систем, вызываемые человеческим фактором [135, с.45].

Системность присуща всем объектам исследования и явления природы, методологии разработок научных подходов и методов. Философский подход: "система - это совокупность элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которая образует определенную целостность, единство" [189, С. 610]. «Системная безопасность, по определению, рассматривает все виды потенциальных опасностей, угрожающих человеку в различных сферах его деятельности. Процесс дифференциации научного знания органично связан с интеграцией. Именно продуктом интеграции является системная безопасность, в рамках которой следует рассматривать частные науки о безопасности человека, в том числе и охрану труда» [11].

Достичь поставленной цели можно только при рациональном взаимодействии всех элементов системы. Система взаимодействует с ОС, а ОС воздействует на систему. Системный подход – это современный научный способ исследования явления объекта во взаимосвязи с его составляющими.

Наше представления о термине: **системная безопасность дорожного движения** – это оптимальная совокупность множеств взаимосвязанных и взаимообусловленных элементов и подсистем, которая характеризуется открытостью, обменом веществом, энергией

и информацией с внешней, внутренней и окружающей природной средами.

Системная безопасность объекта и исследования определяются общепринятым во всей мировой науке и успешной практике определением термина «система» [16, 82, 91, 100, 113, 128, 129, 166, 187, 227]. Без наличия фундаментальных модулей, исключающих потребность в обязательной системной организации деятельности, управление любой системной невозможno.

Предлагаемый объект исследования – социоэкологоэкономическая транспортная система позволяет усилить первоочередную важность природоцентрического эколого-экономического сознания и мышления населения, духовной и нравственной составляющих в решении проблем социума и экономики России. Исходя из принципов теории систем, ВАДС рассматривается как подсистема СПЭТС, включающей в себя природную среду, социально-экономическую среду, внутреннюю среду производственной деятельности и внешнюю среду. Повышение уровня БДД требует качественного улучшения функционирования целостной системы и каждого её элемента.

Для решения общесистемных проблем функционирования транспортного комплекса на основе разработанной методологии рекомендуется молодым ученым (докторанты, аспиранты, кандидаты наук): установить причины, источники, механизмы техногенного давления на природу и рассматривать все человеческое хозяйство в контексте взаимодействия экономики человека и экономики природы.

2.2 Концепция создания инновационной экспертной системы безопасности дорожного движения

Разработанные во всех главах диссертации теоретико-методологические положения выполнены под руководством научного консультанта заслуженного деятеля науки, д.т.н., проф. Корчагина В.А. Автор диссертации с 2000 г. является членом международной научно-производственной школы, созданной проф. Корчагиным В.А.

В данном параграфе использованы материалы совместных с д.т.н., проф. Корчагиным В.А., д.т.н., проф. Погодаевым А.К., Ситниковым В.В. научных статей [4, 65, 68, 85, 93, 98, 99, 228]. Степень личного участия соискателя заключается в разработке концепции создания ЭСБДД и основных теоретических положений. Доля личного вклада автора составляет 81 %.

Аварийность на автомобильных дорогах Российской Федерации остаётся важной проблемой. Недостаточное внимание к БДД способствовало тому, что высокие темпы автомобилизации привели к значительным социальным, экологическим и экономическим проблемам [184]. Эффективным способом снижения аварийности является использование комплексного подхода к проблеме управления БДД, требующего совместной работы многих секторов (транспорта, полиции, здравоохранения, образования, средств массовой информации). Согласование и соотношение экономических и социоприродных потенциалов должно рассматриваться как объект исследования и анализа. Общепринятой системой при анализе ДТП в практической деятельности является система «водитель-автомобиль-дорога-среда». Исходя из этого подсистему «водитель-автомобиль-дорога-среда» (ВАДС) предлагается рассматривать как элемент социоприродоэкономической транспортной системы (СПЭТС),

включающей в себя социальный, экологический и экономический компоненты [85]. Повышение уровня БДД требует качественного улучшения функционирования целостной системы и каждого её элемента.

«Для решения задач в сложных системах всё более эффективно используются методы искусственного интеллекта. Одним из наиболее развитых направлений искусственного интеллекта являются экспертные системы – сложные программные комплексы, позволяющие накапливать знания об определенной сфере деятельности и манипулировать знаниями для решения задач в своей предметной области» [33, с. 60]. Это требует перехода к специализированным средствам [220], обеспечивающим увеличение эффективности использования инструментария, упрощения работы эксперта и лица, принимающего решение. В настоящее время такие системы используются в самых различных сферах деятельности [205, 206, 221].

Экспертные системы применяются для решения сложных практических задач [27, 141, 155]. Их возможности предопределяют необходимость создания экспертной системы безопасности дорожного движения (ЭСБДД) [85, 99, 228].

«...По качеству и эффективности решения экспертные системы не уступают решениям человека-эксперта, могут быть объяснены пользователю на качественном уровне и способны пополнять свои знания» [141, с. 9]. Эти возможности предопределяют необходимость создания ЭСБДД (рисунок 2.1).

ЭСБДД включает в себя следующие компоненты [2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8]: 1) база знаний, основанная на положениях нормативной документации, экспертных оценках и научных разработках; 2) база данных, аккумулирующая поступающую извне информацию, включая информацию о ДТП; 3) решатель (управляющая

компонента), определяющий необходимые действия по управлению БДД, используя базы знаний и данных; 4) объяснительная компонента, разъясняющая процесс выбора решения; 5) интерфейс, связывающий пользователя и эксперта, находящихся в единой информационной среде, с ЭСБДД; 6) компонента приобретения знаний через диалог с экспертом.

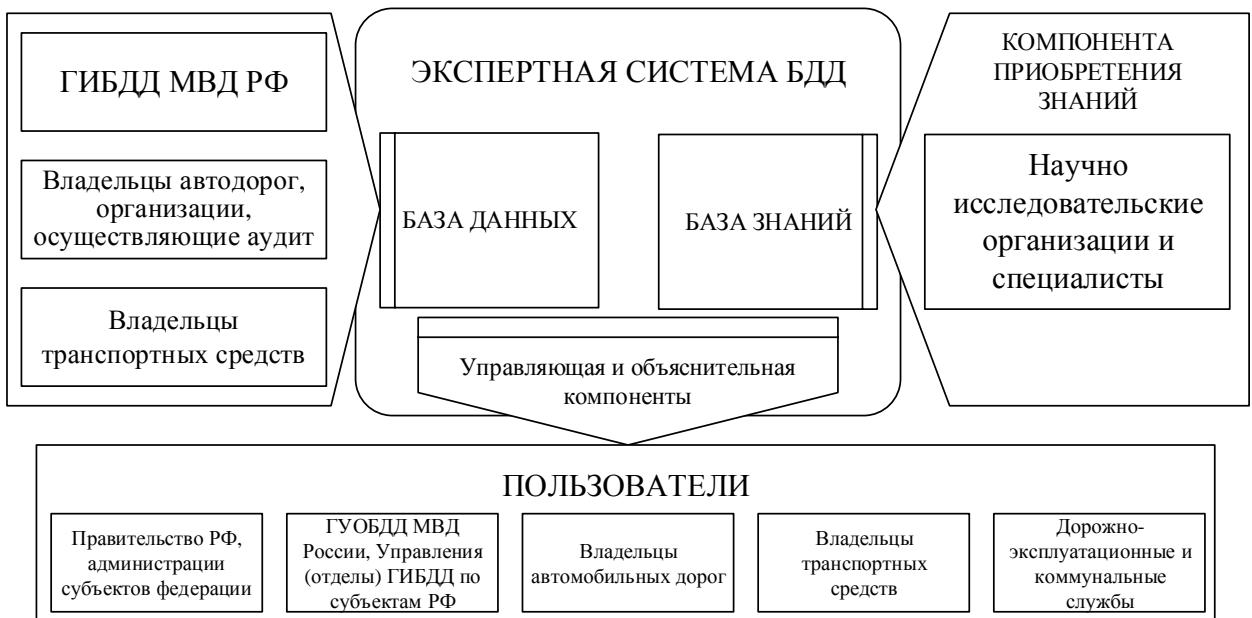


Рисунок 2.1 - Схема обобщённой экспертной системы управления безопасностью дорожного движения

«Неформализованность решаемых задач при проектировании экспертных систем предполагает использование принципа «быстрого прототипа». То есть на начальном этапе создаётся прототип экспертной системы, который должен удовлетворять двум противоречивым требованиям: с одной стороны, он должен решать типовые задачи, а с другой – трудоёмкость его разработки должна быть весьма незначительной. Средства, ускоряющие процесс проектирования, в обобщённом виде называют инструментарием» [141, с.13]. ЭСБДД является эволюционирующей системой, поэтому по мере получения новой информации, в том числе и от реализации

принятых решений, эффективность ЭСБДД будет увеличиваться и стремиться к состоянию максимальной концентрации знаний, доступных к практическому применению.

Основная задача ЭСБДД состоит в поиске возможностей повышения БДД. Назначение ЭСБДД: консультирование по узкоспециализированным вопросам при принятии решений в области БДД с целью усиления и расширения профессиональных возможностей их пользователей.

Отличительные особенности ЭСБДД: экспертиза может проводиться только в области БДД, но это не исключает при необходимости использования экспертов из других областей; экспертная система объясняет ход решения задачи (цепочку рассуждений) понятным пользователю способом (можно спросить, как и почему получилось такое решение и получить понятный ответ); выходные результаты являются качественными, а не количественными (цифровыми); система строится по модульному принципу, что позволяет наращивать базы знаний [4].

Достоинства ЭСБДД: сбор и тиражирование опыта и знаний высококвалифицированных специалистов; возможность решения практических задач; эффективность решений ЭС, которая не уступает решениям эксперта-человека; «прозрачность», т.е. возможность объяснения причин и механизмов принятия решения; способность пополнять и корректировать свои знания в ходе диалога с экспертом; доступность для решения задач управления безопасностью дорожного движения на любом уровне; возможность применения в качестве обучающей программы; экономичность [4].

Объектом ЭСБДД является «подсистема ВАДС, которая представляет собой сложную динамическую систему, включающую в себя совокупность элементов «человек», «автомобиль», «дорога»,

функционирующих в определенной среде» [154, с. 16]. Качеством этих элементов обеспечивается безопасность дорожного движения.

В сложившейся системе учёта наиболее полной и всеобъемлющей информацией о ДТП по всей совокупности элементов обладает ГИБДД (рисунок 2.2). Поэтому эта информация должна стать основой базы данных ЭСБДД.

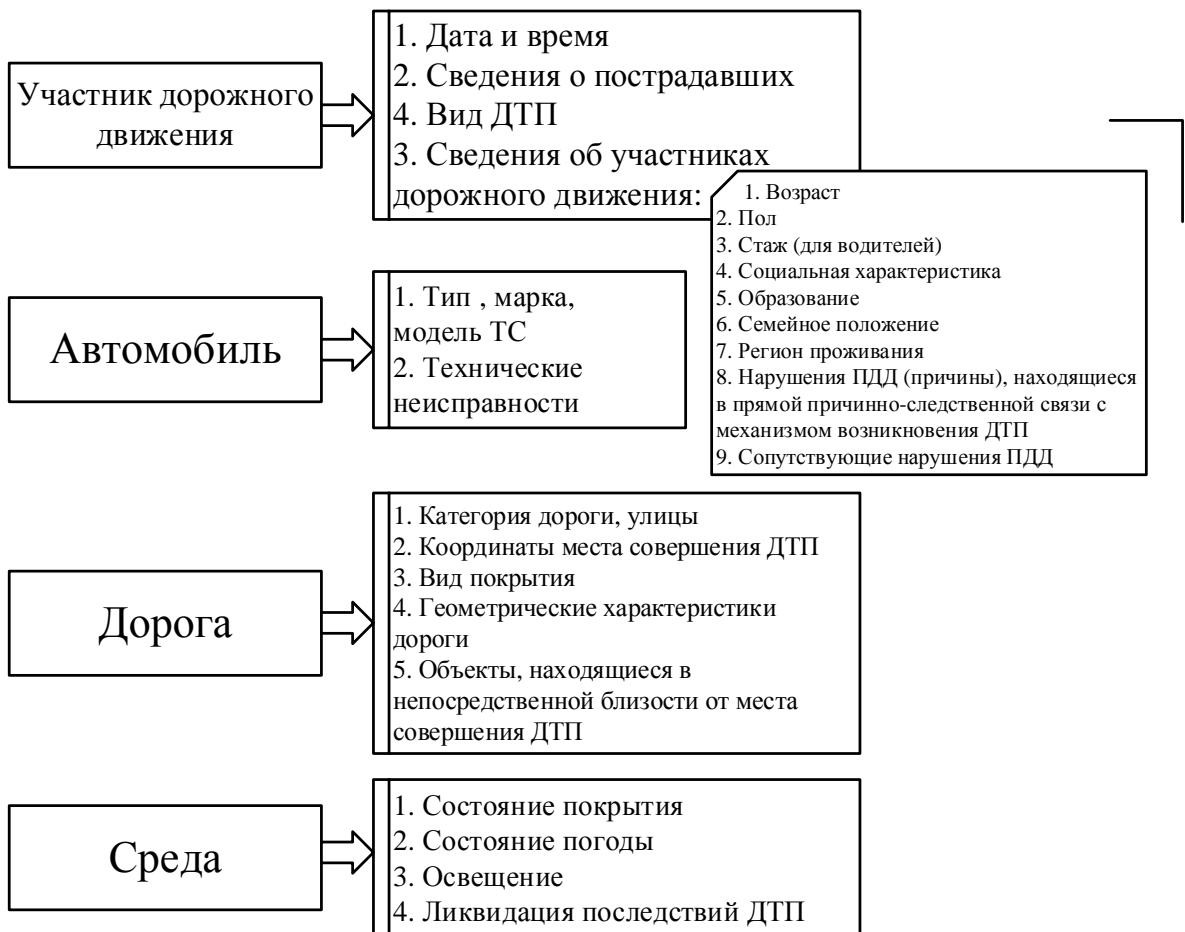


Рисунок 2.2 - Сведения о ДТП, подлежащие учёту
подразделениями ГИБДД

Важнейшими структурами ЭСБДД являются база знаний и управляющая компонента (рисунок 2.3).

База знаний состоит из следующих основных разделов: анализ уровня обеспечения БДД, прогнозирование, ситуационный анализ. Уровень обеспечения БДД анализируется для каждого элемента подсистемы ВАДС СПЭТС [85] и их взаимосвязей. В результате

анализа определяется перечень мероприятий, необходимых для повышения уровня БДД. Прогнозирование показателей аварийности позволяет определить ожидаемый социально-экономический эффект, знание которого даёт возможность обоснования реализации вышеуказанных мероприятий.

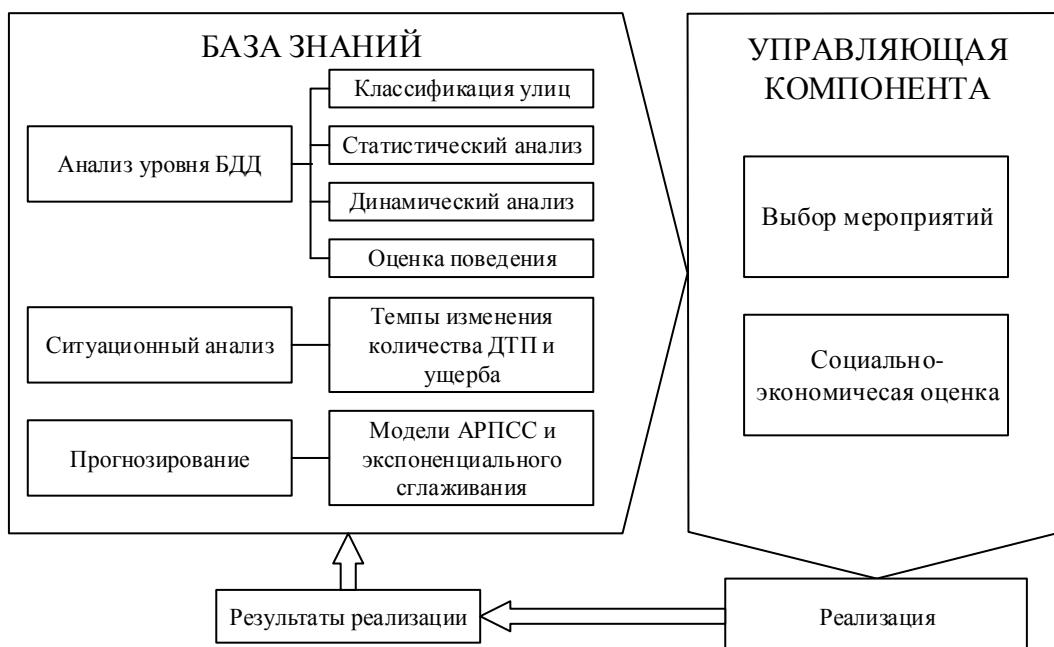


Рисунок 3 - Структура базы знаний ЭСБДД для генерации решений по повышению уровня БДД

Ситуационный анализ направлен на выявление уровня необходимости принятия решения и через управляющую компоненту предупреждает лицо, принимающее решение, о срочности и социально-экономической целесообразности повышения уровня БДД в конкретный период времени для принятия мер по предотвращению причин возникновения ДТП и снижению аварийности.

Формирование и обеспечение функционирования и развития ЭСБДД базируется, с одной стороны, на научных разработках учёных, работающих в области БДД, и, с другой стороны, на возможностях Научно-исследовательского центра проблем безопасности дорожного

движения, непосредственно осуществляющего научно-практическую деятельность со структурами государства, ответственными за БДД (рисунок 2.4). В роли объединяющего центра для научных кругов должны выступать ведущие вузы, генерирующие и аккумулирующие научные разработки в области БДД, и дающие им объективную оценку.

Элементы подсистемы ВАДС формируют факторы риска возникновения ДТП. В работе [154] приводятся следующие цифры: главной причиной ДТП в 93% случаев оказывается человек, в 35% - дорога, в 12% - автомобиль. «В 27% случаев причиной ДТП является проблема в взаимодействия человека и дороги; в 6% случаев причиной ДТП является проблема взаимодействия человека и автомобиля; в 3% случаев причиной ДТП является проблема многостороннего взаимодействия человека, автомобиля и дороги» [154].

Влияние автомобиля на безопасность дорожного движения определяется его конструктивной безопасностью. Конструктивная безопасность автомобиля предопределена законодательством на стадии его производства и контролируется в процессе эксплуатации. Поэтому количество ДТП по причине неисправности автомобиля или недостатков его конструктивной безопасности традиционно невелико.

Основным фактором, оказывающим влияние на возникновение ДТП, считается человеческий фактор. «Водитель, как изучаемый элемент системы ВАДС, является не только основным, но и самым неустойчивым. По своей природе человек характеризуется непостоянством, способностью к изменению, слабой прогнозируемостью, в связи с чем проблема оценки стабильности функционирования этого элемента сложна своей неопределенностью. В предложенной системе водитель является единственным управляющим элементом, без которого функционирование системы невозможно» [159, с. 13].

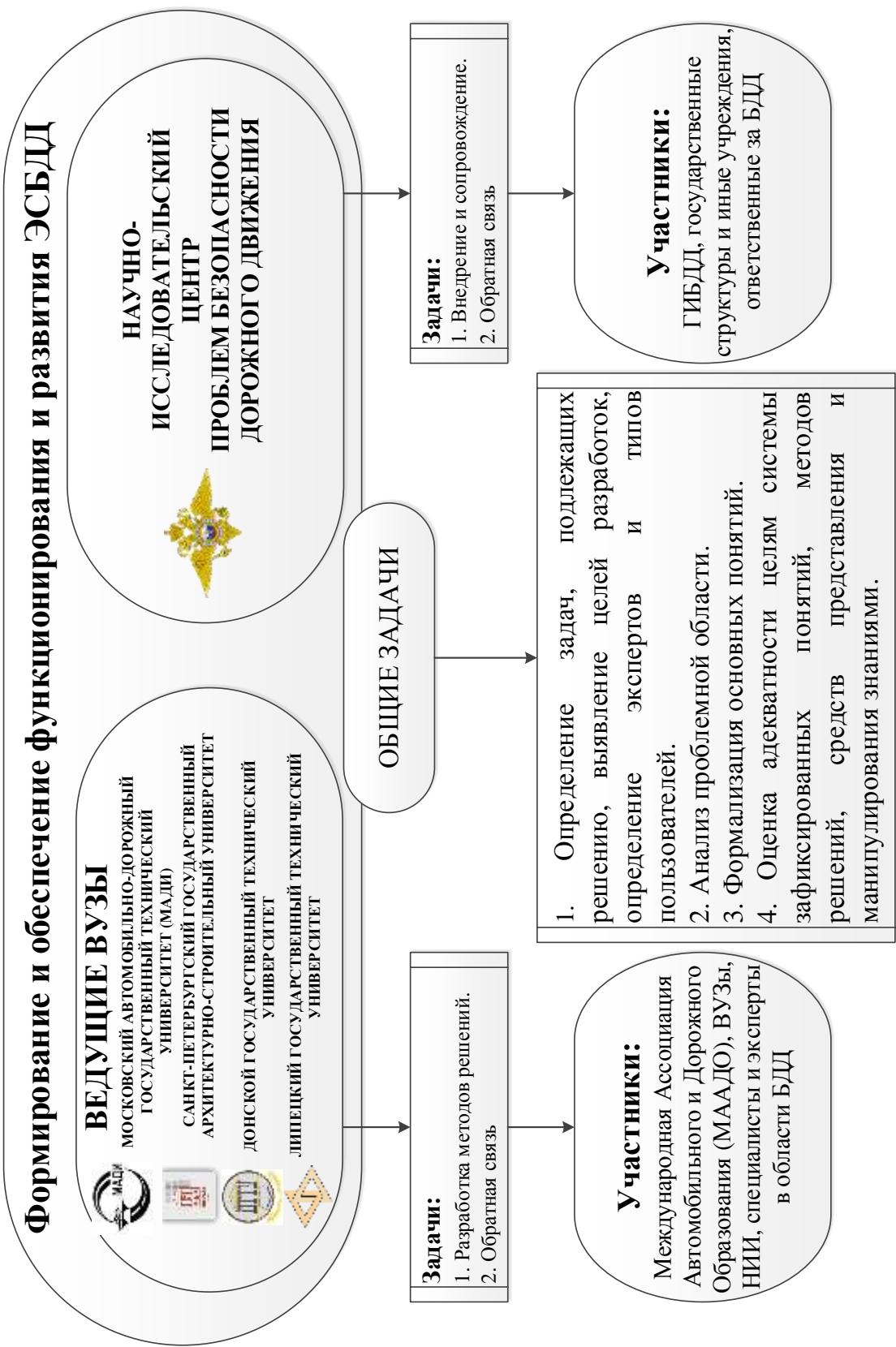


Рисунок 2.4 - Формирование и обеспечение функционирования и развития ЭСБДД

Особое значение поведение водителя играет в городах в условиях высокой интенсивности и неравномерности движения, когда цена ошибки водителя существенно выше. В этом случае отражением поведения водителя являются нарушения ПДД, предшествующие возникновению ДТП. При этом количественно оценить влияние того или иного нарушения ПДД не представляется возможным из-за субъективности оценок участников движения, что, в свою очередь, приводит к нечёткости и неопределённости. Ведь в сложной системе, в которой человек играет самую активную роль, характерным является так называемый принцип несовместимости: «для получения существенных выводов о поведении сложной системы необходимо отказаться от высоких стандартов точности и строгости, которые характерны для сравнительно простых систем, и привлекать к ее анализу подходы, которые являются приближенными по своей природе» [34, с. 10].

Исследования показывают, что «на поведение человека часто более эффективно можно воздействовать дорожно-технической мерой, чем обучением и контролем полиции» [162, с.54]. Это подтверждает актуальность вопроса об уровне безопасности, который обеспечивает автомобильная дорога.

В настоящее время для оценки безопасности движения на автомобильной дороге используются следующие методы: метод, основанный на анализе статистических данных о ДТП; метод коэффициентов аварийности; метод коэффициентов безопасности. «Методы выявления опасных участков на основе статистических данных о ДТП применяют для оценки безопасности движения на существующих дорогах при наличии достаточно полной и достоверной информации о ДТП за период не менее 3-5 лет. При отсутствии таких данных, а также для оценки проектных решений при проектировании

новых и реконструкции существующих дорог используется метод коэффициентов аварийности, основанный на анализе и обобщении данных статистики ДТП, и метод коэффициентов безопасности, основанный на анализе графиков изменения скоростей движения по дороге. Эти методы позволяют оценить влияние на безопасность движения геометрических элементов дороги, состояния покрытия, интенсивности движения» [136, с. 6]. Однако информация, полученная в результате применения этих методов, не даёт возможности принимать прямые решения, а требует дополнительных исследований, что не позволяет использовать их как инструментарий экспертной системы.

Элемент подсистемы ВАДС «среда» обычно учитывается как характеристика состояния проезжей части и погодных условий. Однако воздействие среды на уровень БДД может происходить одновременно на большом протяжении АД и УДС, достаточно значимо и требует непосредственных действий для ликвидации этих последствий [78]

Отсюда следует, что необходимо разрабатывать новые и пересматривать действующие методы управления БДД, адаптируя их к требованиям ЭСБДД.

Разработка и внедрение экспертной системы управления БДД позволит решать следующие задачи: формировать управляющие решения на всех уровнях управления БДД с учетом их особенностей и состояния; отслеживать эффективность принятых управляющих решений и при необходимости корректировать и совершенствовать их; осуществлять быстрое и повсеместное внедрение новых методов управления БДД. Использование ЭСБДД в системе управления БДД является эффективным способом достигать главной цели: уменьшения числа погибших людей, снижения дорожно-транспортного травматизма, аварийности и загрязнения ОС.

2.3 Классификация городских улиц на основе кластерного анализа по уровню обеспечения безопасности дорожного движения

В данном параграфе использованы материалы совместных с д.т.н., проф. Корчагиным В.А. и к.т.н., доц. Суворовым В.А. научных статей [66, 69]. Степень личного участия соискателя заключается в разработке основных положений новых теоретико-методических подходов к классификации участков автомобильных дорог и улиц муниципальных образований для решения практических задач, обеспечивающих повышение эффективности, экологической и дорожной безопасности эксплуатации автомобильного транспорта. Доля личного участия автора составляет 86 %.

В настоящее время анализ и мониторинг дорожно-транспортной аварийности связан, как правило, с «узкими» местами и местами концентрации ДТП [5, 9, 29, 57, 136, 153]. Однако, «недостаточно установить, что происшествие произошло из-за неверного действия водителя. Мы должны также спросить, почему было выполнено неправильное действие. Можно представить, что большая часть объяснений неправильных действий в дорожном движении заключается в том, что система дорожного движения в данных ситуациях предъявляет высокие требования к работоспособности человека. Если система будет слишком сложной, то даже наиболее хорошо оснащённые участники дорожного движения будут время от времени совершать фатальные ошибки» [162]. Поэтому необходимо анализировать и оценивать уровень обеспечения БДД не только в конкретных местах, но и в их окрестностях. Объектами исследований могут быть участки автомобильных дорог различной протяженности, муниципальные образования, районы муниципальных образований, улицы, пересечения транспортных потоков и т.п.

Наибольшая концентрация аварийности характерна для муниципальных образований с развитой улично-дорожной сетью и интенсивным движением [29]. Задача формирования перечня мероприятий владельцев автомобильных дорог по повышению БДД с целью выбора объектов для реализации мероприятий с наибольшей эффективностью может решаться только при проведении анализа и постоянного мониторинга. Первым шагом в решении этой задачи является определение приоритетности объектов.

В качестве объекта улично-дорожной сети принята улица при условии, что на протяжении всей улицы число полос и число направлений движения не изменяется. В противном случае улицу необходимо разбить на участки с одинаковыми параметрами, указанными выше.

Выбор характеристик объектов (улиц) должен следовать принципу: данные должны быть получены с минимальными затратами. Универсальной характеристикой объекта будет считаться количество пострадавших. Наиболее полно поведение участников дорожного движения (составляющая «Водитель») определяется видом нарушения ПДД, предшествующим возникновению ДТП [69]. Учитывая большое количество и различную частотную характеристику, целесообразно сгруппировать виды нарушений ПДД (таблица 2.1): группа 1 – ошибки маневрирования, группа 2 – нарушение предписаний, группа 3 – другие виды нарушений, группа 4 – несоответствие скорости транспортного средства условиям движения, группа 5 – нарушения, приведшие к травмам или гибели пешеходов. Перечисленные данные имеются в информационной базе Государственной инспекции по безопасности дорожного движения РФ. Конфликтную загрузку улицы (составляющая «Дорога») в первом приближении можно оценить количеством пересечений всех видов. Примем также в качестве характеристики

улицы (составляющая «Среда») количество мест притяжения (торговые и развлекательные центры и т.п.), оказывающих влияние на поведение участников движения.

Таблица 2.1 – Группировка нарушений ПДД, предшествующих возникновению ДТП

Группа	Нарушения
1	2
1	01 – Выезд на полосу встречного движения; 02 – Выезд на полосу встречного движения с разворотом, поворотом налево или объездом препятствия; 04 – Нарушение правил при круговом движении; 05 – Нарушение правил обгона; 06 – Нарушение правил перестроения; 07 – Нарушение правил расположения ТС на проезжей части; 08 – Несоблюдение бокового интервала; 09 – Неправильный выбор дистанции; 20 – Несоблюдение условий, разрешающих движение транспорта задним ходом; 31 – Движение во встречном направлении по дороге с односторонним движением.
2	03 – Несоблюдение очередности проезда; 13 – Нарушение правил проезда ж/д переездов; 14 – Нарушение требований сигналов светофора; 17 – Нарушение требований дорожных знаков.

Окончание таблицы 2.1

1	2
3	Все, кроме указанных в группах 1,2,4,5
4	18 – Превышение установленной скорости движения; 19 – Несоответствие скорости конкретным условиям движения.
5	12 – Нарушение правил проезда пешеходного перехода; 70 – Переход через проезжую часть вне пешеходного перехода в зоне его видимости либо при наличии в непосредственной близости подземного (надземного) пешеходного перехода; 71 – Переход через проезжей части в непредназначенном для этого месте (при наличии в зоне видимости перекрёстка); 72 – Переход проезжей части в запрещённом месте (оборудованном пешеходными ограждениями); 73 – Неподчинение сигналам регулирования; 74 – Неожиданный выход из-за ТС; 75 – Неожиданный выход из-за стоящего ТС; 76 – Неожиданный выход из-за сооружений (деревьев); 77 – Ходьба вдоль пр. части при наличии и удовлетворительном состоянии тротуара; 78 – Ходьба вдоль пр. части попутного направления вне населенного пункта при удовлетворительном состоянии обочины; 79 – Игра на проезжей части; 80 – Нахождение на проезжей части без цели её перехода.

Для разбиения объектов на однородные группы используется кластерный анализ.

Основное назначение кластерного анализа - разбиение множества исследуемых объектов и признаков на однородные группы или кластеры. Достоинство кластерного анализа заключается в том, что он дает возможность проводить разбиение объектов не по одному признаку, а по их ряду.

Кластерный анализ позволяет на основании данных, содержащихся на множестве X , разбить множество объектов M на m (m - целое) кластеров M_1, M_2, \dots, M_m так, чтобы каждый объект M_j принадлежал одному и только одному подмножеству разбиения. Объекты, принадлежащие одному и тому же кластеру, должны быть сходными, а объекты, принадлежащие разным кластерам, - разнородными.

Решением задачи кластеризации являются разбиения, удовлетворяющие критерию оптимальности - внутригрупповой сумме квадратов отклонений [18]

$$F = \sum_j (X_j - \bar{X})^2 = \sum_j X_j^2 - \frac{1}{n} (\sum_j X_j)^2, \quad (2.1)$$

где X_j - вектор измерений j -го объекта, $j=1,2,\dots,n$;

\bar{X} - средний вектор измерений.

Сходство между объектами M_j и M_i определяется как расстояние между векторами измерений X_j и X_i . Чем меньше расстояние между объектами, тем они более схожи. Расстояние $d(X_j, X_i)$ является метрикой пространства измерений [18].

Кластерный анализ проведён для 63 улиц г. Липецка по 8 признакам: число пострадавших в ДТП – «постр.», число нарушений ПДД вида 1 (ошибки маневрирования) – «гр. 1», число нарушений ПДД вида

2 (нарушение предписаний ПДД) – «гр. 2», число нарушений ПДД вида 3 (другие виды нарушений ПДД) – «гр. 3», число нарушений ПДД вида 4 (несоответствие скорости условиям движения) – «гр. 4», число нарушений вида 5 (нарушения ПДД пешеходами) – «гр. 5», количество пересечений различных видов (переходы, перекрестки, местные выезды) – «П», места притяжения (магазины, кинотеатры, места досуга и отдыха, и т.п.) – «МП». Исходные данные приведены в *Приложении Б*.

Предварительный анализ позволил выдвинуть гипотезу, что все улицы возможно разделяются на $m = 3$ кластера. Для кластеризации используется метод k -средних, который реализован в системе *STATISTICA* в виде модуля «*Кластерный анализ*». Перед началом кластеризации проводится стандартизация данных (вычитается среднее и производится деление на корень квадратный из дисперсии). Полученные в результате стандартизации переменные имеют нулевое среднее и единичную дисперсию.

В методе k -средних объект относится к тому классу, расстояние до которого минимально. Расстояние понимается как евклидово расстояние, т.е. объекты рассматриваются как точки евклидова пространства. Евклидово расстояние определяется по формуле [18]

$$d(X_j, X_i) = \sqrt{\sum_k (x_{jk} - x_{ik})^2}. \quad (2.2)$$

Результаты кластерного анализа методом k -средних следующие. На рисунке 2.5 приведен график средних значений для каждого кластера.

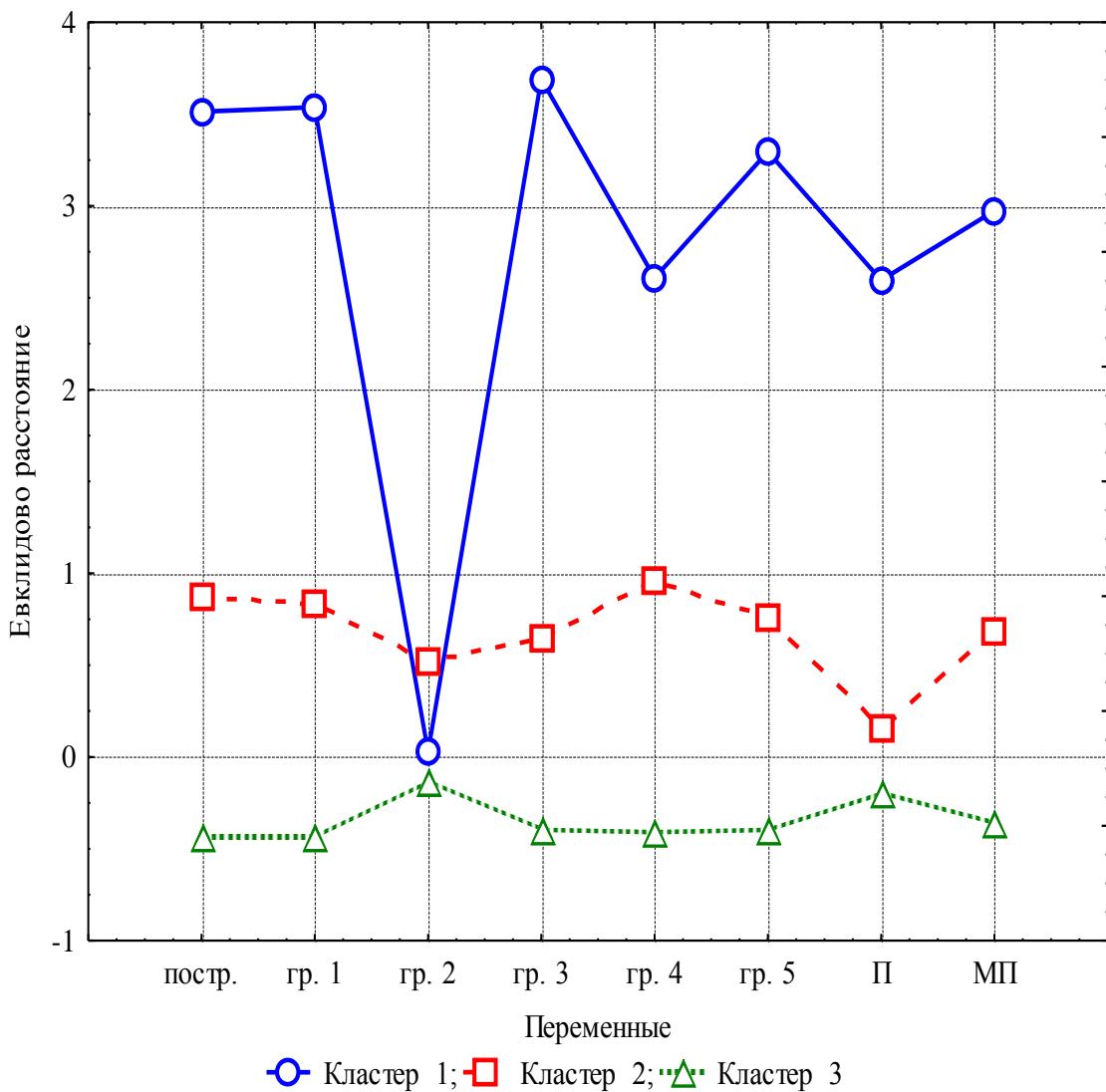


Рисунок 2.5 - График средних значений переменных для кластеров

Кластеры плохо разделяются по переменной «Нарушения ПДД вида 2» - гр. 2 (расстояния между средними значениями кластеров малы). Поэтому эту переменную необходимо исключить и вновь провести стандартизацию переменных. Результаты повторного кластерного анализа приведены на рисунке 2.6. После исключения переменной объекты четко разделяются на три кластера.

В таблице 2.2 приведены средние значения переменных для каждого кластера (усреднение производится внутри каждого кластера).

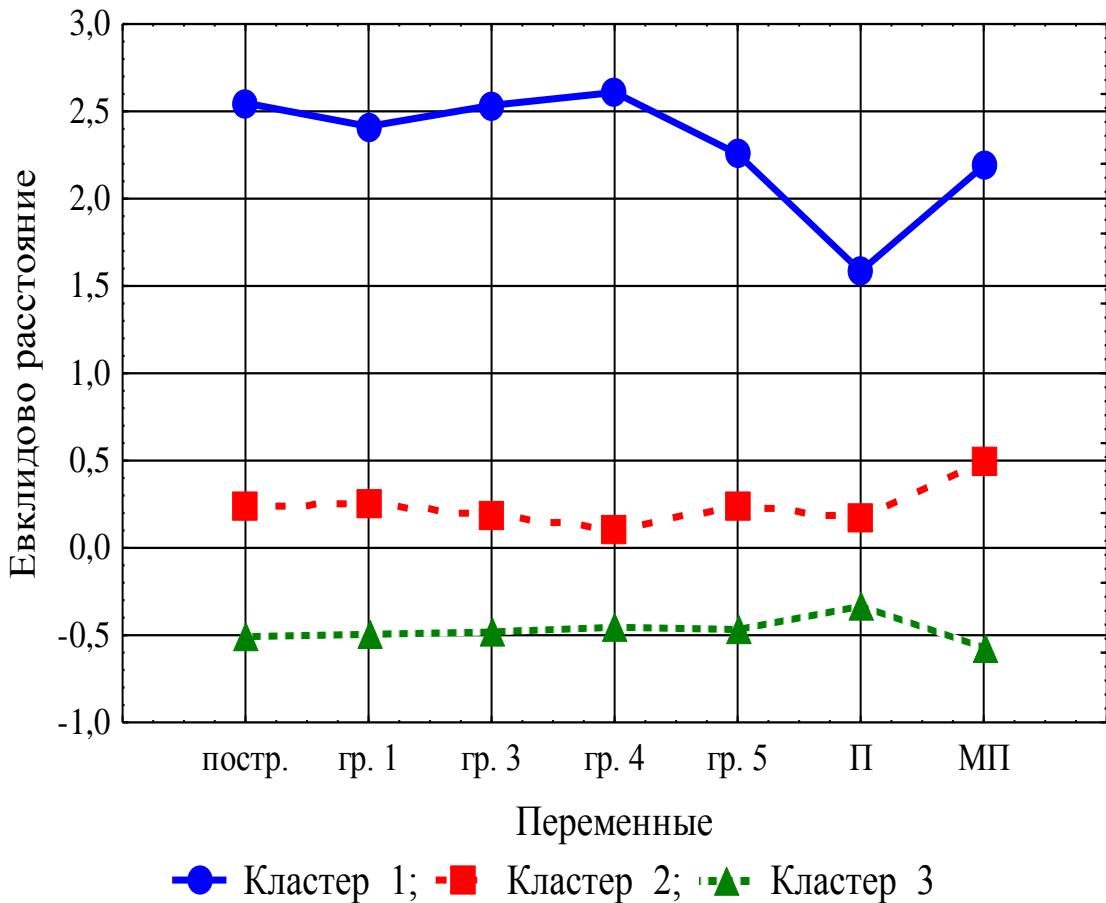


Рисунок 6 - График средних значений переменных для кластеров

Таблица 2.2 - Средние значения переменных по кластерам

Переменные	Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3
Постр.	2,547643	0,236819	-0,501246
Гр. 1	2,414088	0,250656	-0,487086
ГР. 3	2,534916	0,182109	-0,474038
Гр. 4	2,608256	0,104824	-0,449650
Гр. 5	2,256199	0,246589	-0,460918
П	1,585040	0,167886	-0,321338
МП	2,188698	0,492195	-0,563890

Качество кластеризации оценивается значениями межгрупповых и внутригрупповых дисперсий признаков (таблица 2.3). Чем меньше значение внутригрупповой дисперсии и больше значение межгрупповой дисперсии, тем лучше признак характеризует принадлежность объектов к кластеру и тем «качественнее» кластеризация [134]. Параметры F и p характеризуют вклад признака в разделение объектов на группы. Лучшей кластеризации соответствуют большие значения F и меньшие значения p . Признаки с большими значениями $p > 0,05$ можно исключить из кластерного анализа. Таких признаков в табл. 2 нет, следовательно, в анализе должны участвовать все переменные.

Таблица 2.3 - Результаты дисперсионного анализа

Переменные	Между SS	сс	Внутри SS	сс	F	Значимость
Постр.	49,75106	2	12,24894	60	121,8498	0,000000
Гр. 1	45,35068	2	16,64932	60	81,7163	0,000000
ГР. 3	47,91550	2	14,08450	60	102,0601	0,000000
Гр. 4	48,90102	2	13,09898	60	111,9958	0,000000
Гр. 5	39,92249	2	22,07751	60	54,2486	0,000000
П	19,60852	2	42,39148	60	13,8767	0,000011
МП	45,50388	2	16,49612	60	82,7538	0,000000

В классификационную группу 1 вошли 6 объектов: ул. Гагарина, ул. Катукова, ул. Космонавтов, ул. Московская 2, проспект Победы, ул. Студеновская.

В классификационную группу 2 вошли 18 объектов: ул. 50 лет НЛМК, ул. 60 лет СССР, ул. 9 мая, ул. Водопьянова, ул. 3. Космодемьянской, ул. Заводская, ул. Зегеля, ул. Краснозаводская 1, ул.

Ленина, ул. Механизаторов, пр. Мира, ул. Московская 1, ул. Неделина, ул. Папина, пл. Победы, ул. Советская, ул. Терешковой, ул. Циолковского.

В классификационную группу 3 вошли 39 объектов: ул. 8 марта, ул. Адмирала Макарова, ул. Балмочных, ул. Белана, пер. Бестужева, ул. Вермишева, ул. Доватора, ул. Железнякова, ул. Жуковского, ул. Интернациональная, ул. Карла Маркса, ул. Калинина, ул. Краснозаводская 2, ул. Краснознаменная, Лебедянское шоссе, ул. Ленинградская, ул. Металлургов, пл. Мира, ул. Невского, ул. Октябрьская, ул. П. Смородина, пам. Танкистам, ул. Первомайская, пл. Петра Великого, пл. Плеханова, ул. Плеханова, ул. Пушкина, пер. Рудный, ул. Стаханова 1, ул. Стаханова 2, Театральная пл., ул. Теперика, ул. Титова, Товарный проезд, ул. Ферросплавная, ул. Филипченко, ул. Фрунзе 1, ул. Юных Натуралистов, ул. Яна Берзина.

В таблицах 2.4, 2.5, 2.6 приведены описательные статистики для каждого кластера.

Таблица 2.4 - Описательные статистики для кластера 1

Переменные	Кластер содержит 6 наблюдений		
	Среднее	Стандартное отклонение	Дисперсия
Постр.	2,547643	1,138318	1,295767
Гр. 1	2,414088	1,267836	1,607407
Гр. 3	2,534916	1,403362	1,969424
Гр. 4	2,608256	0,763869	0,583496
Гр. 5	2,256199	1,573563	2,476102
П	1,585040	1,945199	3,783801
МП	2,188698	1,075718	1,157170

Таблица 2.5 - Описательные статистики для кластера 2

Переменные	Кластер содержит 18 наблюдений		
	Среднее	Стандартное отклонение	Дисперсия
Постр.	0,236819	0,522351	0,272850
Гр. 1	0,250656	0,624428	0,389910
Гр. 3	0,182109	0,435136	0,189344
Гр. 4	0,104824	0,651237	0,424109
Гр. 5	0,246589	0,669034	0,447607
Π	0,167886	0,644940	0,415947
МΠ	0,492195	0,706044	0,498498

Таблица 2.6 - Описательные статистики для кластера 3

Переменные	Кластер содержит 39 наблюдений		
	Среднее	Стандартное отклонение	Дисперсия
Постр.	-0,501246	0,172570	0,029780
Гр. 1	-0,487086	0,228485	0,052206
Гр. 3	-0,474038	0,163718	0,026804
Гр. 4	-0,449650	0,279645	0,078201
Гр. 5	-0,460918	0,234391	0,054939
Π	-0,321338	0,656974	0,431615
МΠ	-0,563890	0,242563	0,058837

Разбиение объектов на однородные группы даёт возможность определить очерёдность проведения мероприятий по повышению БДД, а также разрабатывать и применять типовые решения по каждой группе объектов. Приоритетной классификационной группой для выбора и реализации мероприятий по повышению БДД является группа 1, отличающаяся повышенной аварийностью и сложностью.

2.4 Определение принадлежности улицы к классификационной группе

В данном параграфе использованы материалы совместных с д.т.н., проф. Корчагиным В.А. и к.т.н., доц. Суворовым В.А научной статьи [66]. Степень личного участия соискателя заключается в разработке объекта анализа и построении функций классификаций. Доля личного участия автора составляет 82 %.

Отнести объект к одной из нескольких групп (классов) оптимальным способом (минимум математического ожидания потерь или минимум вероятности ложной классификации) позволяет дискриминантный анализ, который предназначен для классификации объекта на основе измерения его различных характеристик.

В общем случае задача различения (дискриминации) формулируется таким образом: по результатам наблюдения за объектом строится *k*-мерный случайный вектор $\mathbf{X} = (x_1, x_2, \dots, x_k)$, требуется установить правило, согласно которому по значениям координат вектора \mathbf{X} объект относят к одной из возможных совокупностей s_i , $i = 1, 2, \dots, n$ [18]. Для построения правила дискриминации все выборочное пространство R значений вектора \mathbf{X} разбивается на области R_i , $i = 1, 2, \dots, n$, так что при попадании \mathbf{X} в R_i объект относят к совокупности s_i [134].

Каждая улица характеризуется 7-мерным вектором $\mathbf{X} = (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7)$, координаты которого обозначают: x_1 – количество пострадавших в ДТП; x_2 – количество нарушений ПДД первого вида; x_3 – количество нарушений ПДД третьего вида; x_4 – количество нарушений ПДД четвертого вида; x_5 – количество нарушений ПДД пятого вида; x_6 – количество пересечений; x_7 – количество мест притяжения транспортного потока.

Количество нарушений ПДД второго вида исключено из анализа, так как оно статистически одинаково для всех улиц.

С помощью кластерного анализа удалось разделить улицы на три совокупности (кластера или класса): s_1, s_2, s_3 . Таким образом, все выборочное пространство разбивается на три области R_1, R_2, R_3 .

Для проведения дискриминантного анализа использован модуль «Дискриминантный анализ» системы STATISTICA. Модели, реализуемые в модуле, являются линейными, а функции классификации и дискриминантные функции – линейными комбинациями наблюдаемых величин.

Выбран «Стандартный» метод дискриминации. Результаты дискриминации:

- число переменных в модели: 7;
- лямбда Уилкса: ,0826094;
- критерий Фишера $F(14,108) = 19,12561$;
- уровень значимости $p < 0,0000$.

В таблице 2.7 приведены результаты анализа.

В первом столбце приведены значения статистики лямбда Уилкса, являющиеся результатом исключения соответствующей переменной из модели. Чем больше значение этой статистики, тем более желательно присутствие этой переменной в процедуре дискриминации. Эти переменные выделены жирным шрифтом.

Частная лямбда характеризует вклад соответствующей переменной в разделительную силу модели. Чем меньше статистика лямбда Уилсона, тем больше вклад в общую дискриминацию. Переменная гр. 4 дает вклад больше всех, переменная МП – вторая по значению вклада. Можно заключить, что нарушения ПДД вида 4 и места притяжения являются главными переменными, которые позволяют производить дискриминацию между улицами.

Таблица 2.7 - Результаты анализа данных

Перемен ные	Лямбда Уилкса	Частная лямбда	<i>F</i>	<i>p</i>	Толерант- ность	Значи- мость
x_1	0,083291	0,991816	0,22279	0,801013	0,058023	0,941977
x_2	0,082695	0,998965	0,02798	0,972422	0,157310	0,842690
x_3	0,085694	0,964007	1,00810	0,371676	0,351656	0,648344
x_4	0,122421	0,674800	13,01185	0,000024	0,659633	0,340367
x_5	0,084035	0,983040	0,46581	0,630123	0,224246	0,775754
x_6	0,083139	0,993636	0,17294	0,841651	0,821096	0,178904
x_7	0,119002	0,694187	11,89441	0,000052	0,704227	0,295773

F – это значения *F*-критерия, связанные с соответствующей частной лямбда Уилкса, а значения *p* – это уровни значимости критерия.

Толерантность определяется как $1-R^2$, где R^2 – это коэффициент множественной корреляции данной переменной со всеми другими переменными в модели. Толерантность является мерой избыточности переменной в модели.

В таблицах 2.8, 2.9, 2.10 приведены расстояния между группами.

Таблица 2.8 – Квадраты расстояний Махalanобиса

	Класс 1	Класс 2	Класс 3
Класс 1		59,18938	104,0868
Класс 2	59,1894		7,3939
Класс 3	104,0868	7,39393	

Таблица 2.9 – Значения *F*-критерия

	Класс 1	Класс 2	Класс 3
Класс 1		34,24529	69,58946
Класс 2	34,24529		11,70799
Класс 3	69,58946	11,70799	

Таблица 2.10 – Значения *p*-уровней значимости

	Класс 1	Класс 2	Класс 3
Класс 1		0,000000	0,000000
Класс 2	0,000000		0,000000
Класс 3	0,000000	0,000000	

Данные таблиц показывают хорошее качество дискриминации наблюдений и высокую степень различия (неоднородности) групп.

Для получения результатов о природе дискриминации необходимо провести канонический анализ. Чтобы увидеть, как семь переменных разделяют различные совокупности, надо вычислить дискриминантную функцию. Каждая последующая дискриминантная функция будет вносить все меньший и меньший вклад в общую дискриминацию. Максимальное число оцениваемых функций равно

числу переменных (7) или числу совокупностей (3) минус 1, в зависимости от того, какое число меньше. В нашем случае оцениваются две дискриминантные функции.

В таблице 2.11 приведены результаты с пошаговым критерием для канонических корней – дискриминантных функций.

Таблица 2.11 - Результаты канонического анализа

Корни исключений	Критерий χ^2 с последовательно исключенными корнями					
	Собственное значение	Канонический R	Лямбда Уилкса	χ^2	Число степеней свободы	p
0	9,336666	0,950398	0,082609	142,1370	14	0,000000
1	0,171089	0,382222	0,853906	9,0022	6	0,173452

Первая строка дает критерий значимости для всех корней. Вторая строка содержит значимость корней, оставшихся после удаления первого корня. Как видим, статистически значима только первая дискриминантная функция.

Объекты, принадлежащие одной группе, должны иметь близкие значения дискриминантных функций. Судить о результатах разделения наблюдений по группам целесообразно по графическому изображению. На рисунке 2.7 четко видно, что объекты, принадлежащие одинаковым группам (классам), в высокой степени локализованы в определенных областях.

Для построения функций классификации необходимо задать априорные вероятности классификации, пропорциональные размерам групп.

Функции классификации – это линейные функции, которые вычисляются для каждой группы и могут быть использованы для классификации объектов. Объекты приписываются к той группе, для которой классификационная функция имеет наибольшее значение.

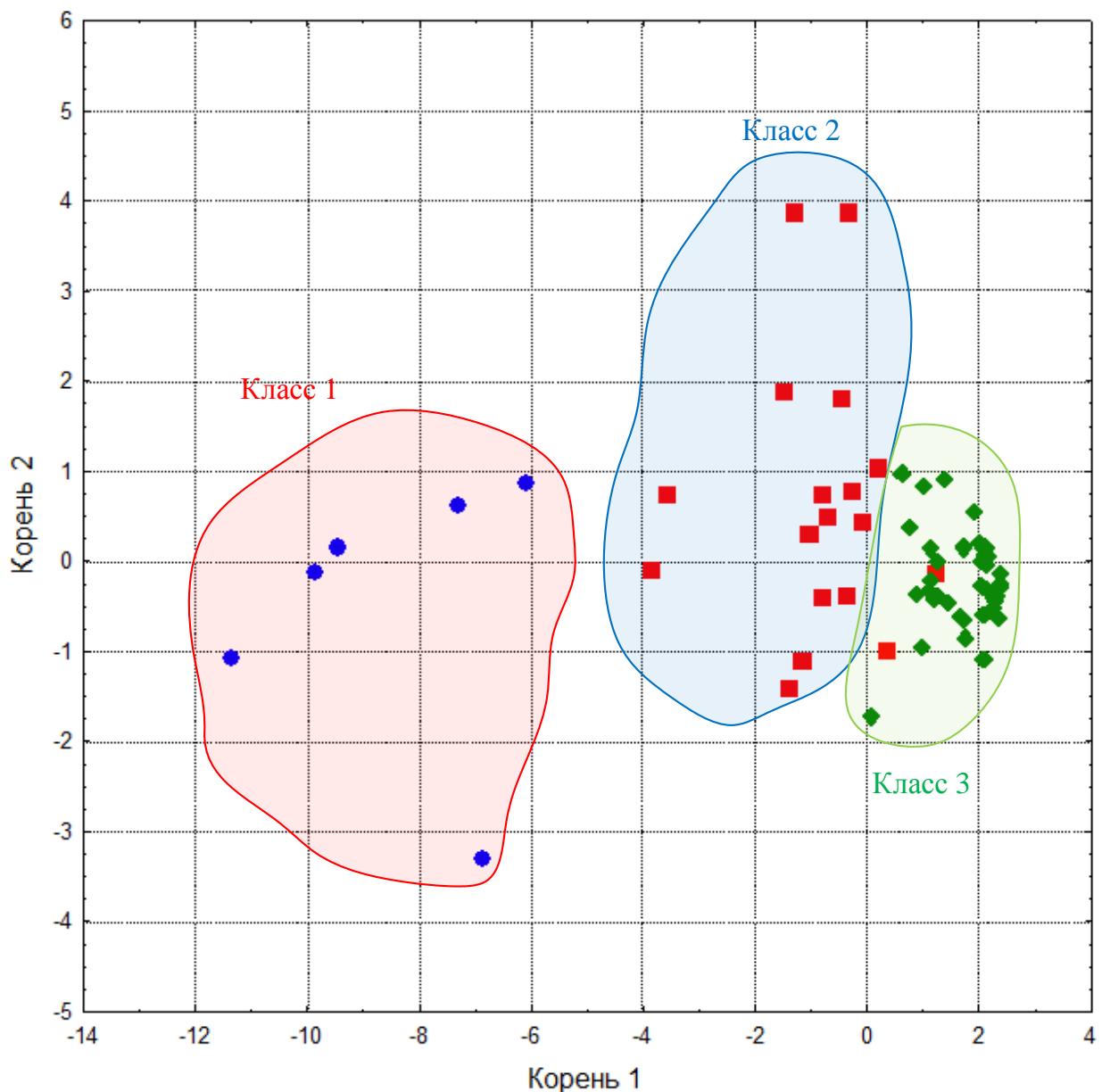


Рисунок 2.7 - Диаграмма рассеивания канонических значений для пар значений дискриминантных функций

В таблице 2.12 приведены коэффициенты и свободные члены при переменных линейных функциях

$$K_1 = 0,1249x_1 - 0,1951x_2 + 0,6120x_3 + 6,4903x_4 + 0,2470x_5 + 0,1039x_6 + \\ + 2,0488x_7 - 61,8231; \quad (2.3)$$

$$K_2 = 0,10567x_1 - 0,11610x_2 - 0,09180x_3 + 1,53696x_4 - 0,01695x_5 + \\ + 0,10333x_6 + 0,82846x_7 - 7,48565; \quad (2.4)$$

$$K_3 = 0,03183x_1 - 0,06118x_2 - 0,11011x_3 + 0,33513x_4 + 0,04989x_5 + \\ + 0,12764x_6 + 0,00346x_7 - 1,51986, \quad (2.5)$$

где K_1 , K_2 и K_3 – функции классификации соответственно для 1, 2 и 3 групп объектов.

Таблица 2.12 - Функции классификации

Переменные	Класс 1	Класс 2	Класс 3
x_1	0,1249	0,10567	0,03183
x_2	-0,1951	-0,11610	-0,06118
x_3	0,6120	-0,09180	-0,11011
x_4	6,4903	1,53696	0,33513
x_5	0,2470	-0,01695	0,04989
x_6	0,1039	0,10333	0,12764
x_7	2,0488	0,82846	0,00346
Константа	-61,8231	-7,48565	-1,51986

Для оценки информации о количестве и проценте корректно классифицированных объектов в каждой группе используют матрицу

классификации (таблица 2.13). Строки матрицы – исходные классы, столбцы – предсказанные классы.

Имеется всего два объекта, которые не удалось правильно классифицировать. Они находятся на стыке областей классов объектов 2 и 3. Общая точность определения составила более 96%.

Таблица 2.13 - Матрица классификации

Группа	% правильности	Класс 1 $p = 0,9524$	Класс 2 $p = 0,28571$	Класс 3 $p = 0,61905$
Класс 1	100,0000	6	0	0
Класс 2	88,8889	0	16	2
Класс 3	100,0000	0	0	39
Всего	96,8254	6	16	41

Для классификации нового объекта, имеющего следующие характеристики: $x_1 = 10$; $x_2 = 17$; $x_3 = 8$; $x_4 = 4$; $x_5 = 13$; $x_6 = 25$; $x_7 = 3$, необходимо воспользоваться классификационными уравнениями (2.3), (2.4), (2.5)

$$K_1 = 0,1249 \cdot 10 - 0,1951 \cdot 17 + 0,6120 \cdot 8 + 6,4903 \cdot 4 + 0,2470 \cdot 13 + \\ + 0,1039 \cdot 25 + 2,0488 \cdot 3 - 61,8231 = -20,6197;$$

$$K_2 = 0,10567 \cdot 10 - 0,11610 \cdot 17 - 0,09180 \cdot 8 + 1,53696 \cdot 4 - 0,01695 \cdot 13 + \\ + 0,10333 \cdot 25 + 0,82846 \cdot 3 - 7,48565 = 1,85907;$$

$$K_3 = 0,03183 \cdot 10 - 0,06118 \cdot 17 - 0,11011 \cdot 8 + 0,33513 \cdot 4 + 0,04989 \cdot 13 + \\ + 0,12764 \cdot 25 + 0,00346 \cdot 3 - 1,51986 = 2,06797.$$

Наибольшее значение имеет классификационная функция для класса 3, следовательно, новый объект следует отнести к классу 3.

Полученные классификационные функции позволяют осуществлять мониторинг изменения характеристик объектов и

оперативно определять к какой группе отнести вновь определившиеся объекты. Такой подход является эффективным способом достигать главной цели: уменьшения числа погибших людей, снижения дорожно-транспортного травматизма и аварийности, и, как следствие, снижения экологической нагрузки на население.

2.5 Метод комплексной оценки уровня обеспечения БДД (статический анализ)

В данном параграфе использованы материалы совместных с д.т.н., проф. Корчагиным В.А. д.т.н., проф. Погодаевым А.К., доц. Суворовым В.А. научных статей [70, 93]. Степень личного участия соискателя заключается в разработке основных положений метода комплексной оценки уровня обеспечения БДД (статический анализ); обобщении результатов исследований и внесению предложений по практической реализации предложенной идеи. Доля личного участия автора составляет 79 %.

«Проектирование дорожной инфраструктуры с учетом мер в области безопасности может приводить к важным достижениям в области обеспечения безопасности для всех пользователей дорог. Это особенно верно в тех условиях, когда проектирование и техническое обслуживание дорог опирается на подход к обеспечению Безопасных систем, учитывающий человеческий фактор. Использование инфраструктурных мер для регулирования скорости и снижения вероятности аварий (например, расширение дорог или приподнятые пешеходные переходы) в сочетании с мерами по смягчению степени тяжести аварий (например, использование придорожных ограждений и кольцевых транспортных развязок) способствует снижению смертности и травматизма на дорогах» [210].

Предлагаемый метод позволяет определять уровень обеспечения безопасности дорожного движения на автомобильной дороге с помощью оценки риска возникновения ДТП путем экспертизы и введением на её основе лингвистических переменных (рисунок 2.8). Любой качественный показатель в этом случае представляется в виде нечёткого числа, лежащего в интервале от 0 до 1.

Для иллюстрации метода рассматривается обустройство городской улицы для обеспечения пешеходного движения через проезжую часть. Необходимо выделить E видов элементов обустройства, которые должны быть оценены и проанализированы по величине рисков возникновения ДТП, связанного с наездом на пешехода. Для оценки рисков привлекаются m экспертов.



Рисунок 2.8 - Метод комплексной оценки уровня обеспечения БДД (статический анализ)

Для оценки рисков возникновения ДТП по видам элементов обустройства вводится лингвистическая переменная. Чтобы составить терм-множество, необходимо задать совокупность $T(x)$ значений лингвистической переменной ($n = 7$): $T(x) = \{\text{очень высокий}, \text{высокий}, \text{выше среднего}, \text{средний}, \text{ниже среднего}, \text{низкий}, \text{очень низкий}\}$. Для построения функции принадлежности для каждого элемента терм-множества используем нормальный закон распределения как наиболее часто встречающийся на практике и обладающий особенностью, согласно которой он «является предельным законом, к которому приближаются другие законы распределения при весьма часто встречающихся типичных условиях» [19, с. 116]. Универсальное множество $M(X)$ определено на интервале $[0;1]$, а функция принадлежности элементов терм-множества имеет вид [19, с. 117]

$$f(x) = e^{-\pi(x-a)^2}, \quad (2.6)$$

где a – оценка математического ожидания функции принадлежности.

Для уменьшения размытости области существования функций принадлежности ограничены интервалом 0,5.

На рисунке 2.9 представлен график функций принадлежности значений лингвистической переменной.

Для оценки риска были выбраны восемь элементов автомобильной дороги, имеющих отношение к организации пешеходного движения: нерегулируемый пешеходный переход (НРПП), регулируемый пешеходный переход (РПП), ограждение проезжей части (ОПЧ), разметка пешеходного перехода, островки безопасности (ОБ), обеспечение видимости пешеходного перехода (ОВ), расположение пешеходного перехода у автобусных остановок (РПАО), наличие заездных карманов на автобусных остановках при наличии пешеходного перехода (АОБК). При этом оценка риска

нерегулируемого пешеходного перехода проводилась отдельно для улиц с 2, 4 и 6 полосами движения, исходя из гипотезы: увеличение числа полос увеличивает риск возникновения ДТП на нерегулируемых пешеходных переходах. Поэтому общее число элементов обустройства $E = 10$.

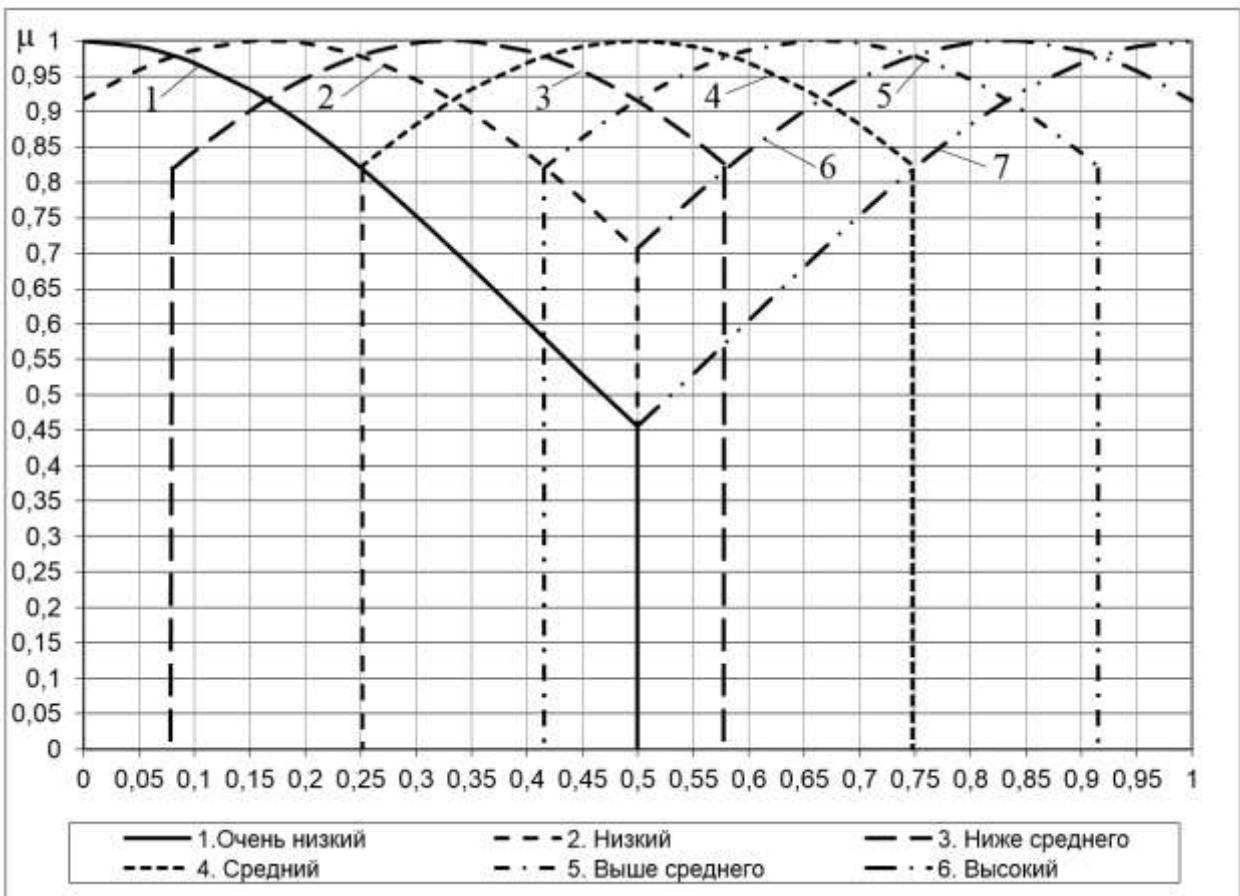


Рисунок 2.9 - График функций принадлежности элементов терм-множества

В экспертизе приняло участие $m = 10$ экспертов (таблица 1 Приложения В): работники ГИБДД, сотрудник управления дорог и транспорта, водители, работник образования, медицинский работник, студент, домохозяйка.

Оценка вида риска для e -го элемента обустройства осуществляется j -м экспертом в качественной форме (таблица 1

Приложения В). Качественная оценка переводится в нечёткое число [2.37]

$$r_{ej}, e = \overline{1, E}, j = \overline{1, m}. \quad (2.7)$$

Обобщение оценок риска по каждому виду элементов обустройства осуществлялось путём агрегирования оценок экспертов

$$r_e = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m r_{ej}. \quad (2.8)$$

Результат расчета обобщенной оценки риска для элемента обустройства «Ограждение проезжей части» приведён в таблице 2 *Приложения В.* Таких таблиц составлено столько же, сколько видов рассматриваемых элементов обустройства автомобильной дороги.

В качестве объектов, для которых необходимо провести оценку уровня обеспечения безопасности пешеходного движения, выбрано 10 улиц с наиболее высокой аварийностью. В г. Липецке - это улицы Терешковой, Гагарина, Катукова, Космонавтов, Московская, Неделина, Советская, Студеновская, а также проспекты Победы и им. 60-летия СССР.

Для определения комплексной оценки риска возникновения ДТП необходимо оценить вес каждого элемента обустройства на каждой улице *u*. Однако, учитывая недостаточную информативность экспертов, провести отдельно качественную оценку веса конкретного элемента обустройства на каждой улице затруднительно. Поэтому в качестве оценки весов используется количественные данные по элементам обустройства на каждой улице, на основе которых и определяется доля (вес) каждого вида элементов обустройства *v_{eu}*. Так

как количественная оценка элементов обустройства имеет разную размерность, то их необходимо сгруппировать.

В группу 1 (таблица 1 *Приложения В*) входят нерегулируемый и регулируемый пешеходные переходы. Вес риска наезда на пешехода определяется на 100 м длины улицы по формуле

$$\nu_{eu} = \frac{N_u}{l_u} * 100, \quad e = \overline{1, 4}; \quad u = \overline{1, U}, \quad (2.9)$$

где N_u – количество пешеходных переходов на улице u ;

l_u – длина улицы u , м.

В группу 2 (таблица 1 *Приложения В*) входит отсутствие ограждения проездной части. Вес риска наезда на пешехода определяется по формуле

$$\nu_{eu} = 1 - \frac{l_{ou}}{l_u}, \quad e = 1; \quad u = \overline{1, U}, \quad (2.10)$$

где l_{eu} – общая длина огражденной проездной части улицы u , м.

В группу 3 (таблица 1 *Приложения В*) входит разметка пешеходного перехода. Вес риска наезда на пешехода определяется по формуле

$$\nu_{eu} = 1 - \frac{N_{pu}}{N_u} * \frac{t_p}{12}, \quad e = 1; \quad u = \overline{1, U}, \quad (2.11)$$

где N_{pu} – число пешеходных переходов с разметкой на улице u ;

t_p – время существования разметки на переходе, мес.

В группу 4 (таблица 1 *Приложения В*) входят островки безопасности и отсутствие видимости на пешеходных переходах. Вес риска наезда на пешехода определяется по формулам

$$\nu_{eu} = 1 - \frac{N_{ou}}{2 * N_u}, \quad e = 1; \quad u = \overline{1, U}; \quad (2.12)$$

$$\nu_{eu} = 1 - \frac{N_{vu}}{2 * N_u}, e = 2; u = \overline{1, U} \quad (2.13)$$

где N_{ou} – количество островков безопасности на улице u ;

N_{vu} – количество входов на пешеходные переходы с нормативным расстоянием видимости на улице u .

В группу 5 (таблица 1 Приложения В) входят остановки маршрутного транспорта без заездных карманов и с нарушением расположения пешеходных переходов. Вес риска наезда на пешехода определяется по формулам

$$\nu_e = \frac{A_{бк\,u}}{A_u}, e = 1; u = (\overline{1, U}); \quad (2.14)$$

$$\nu_e = \frac{A_{нр\,u}}{A_u}, e = 2; u = (\overline{1, U}), \quad (2.15)$$

где $A_{бк\,u}$ – количество остановок без заездных карманов на улице u ;

A_u – общее количество остановок на улице u в обоих направлениях;

$A_{нр\,u}$ – количество остановок с нарушением расположения пешеходных переходов на улице u .

Для выполнения условия соразмерности требуется нормировка весов. Целью нормировки является приведение количественного показателя к числу, лежащему на интервале от 0 до 1

$$\overline{\nu_{eu}} = \frac{\nu_{eu}}{\nu_{1u} + \nu_{2u} + \dots + \nu_{Eu}}, e = \overline{1, E}; u = \overline{1, U}, \quad (2.16)$$

где $E = 10$ – число улиц.

Комплексная оценка риска наезда на пешехода на улице *u* определяется по формуле

$$O_u = \sum_{e=1}^E \bar{v}_{eu} r_e, \quad u = \overline{1, U}. \quad (2.17)$$

Веса элементов обустройства УДС приведены в таблице 3 *Приложения В*. Полученные результаты расчета комплексной оценки риска наезда на пешехода по каждой улице сведены в таблицу 4 *Приложения В*. Для примера графическая комплексная оценка риска по улице Катукова представлена на рисунке 2.10.

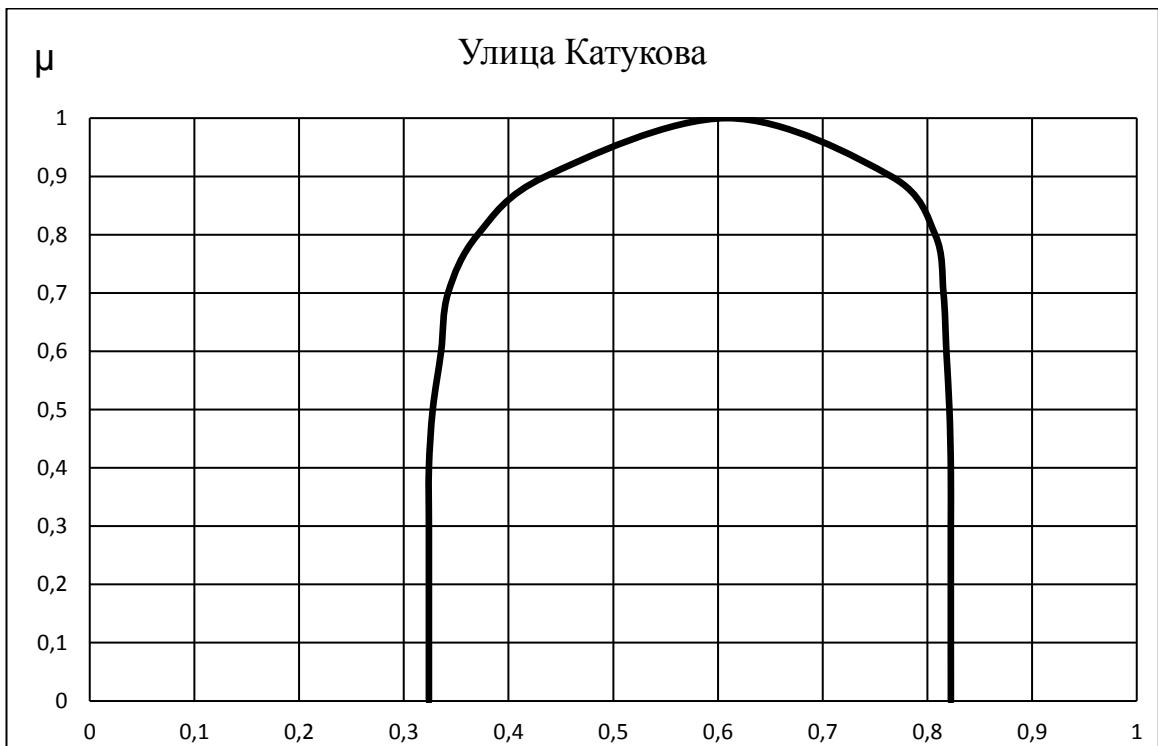


Рисунок 2.10 - Комплексная оценка риска возникновения ДТП по улице Катукова

Для определения уровня обеспечения безопасности дорожного движения используется расстояние Хемминга между парами функций принадлежности. Обобщенное расстояние Хемминга дает линейную

оценку расстояния между нечеткими конечными множествами A и B , заданных на одном и том же X по формуле [110, с. 274]:

$$d(A, B) = |\mu_A(x_1) - \mu_B(x_1)| + \dots + |\mu_A(x_q) - \mu_B(x_q)|, \quad (2.18)$$

где $q = \overline{0,21}$ – количество значений, на которое разбивается интервал универсального множества с шагом 0,05.

С помощью расстояния между O_u и нечеткими множествами $M(X)$, составляющими совокупность терма, нечеткие числа O_u преобразуются в лингвистические переменные. Элемент терма, до которого расстояние будет минимальным, определяет лингвистическую оценку риска для улицы u . Для примера, расчет расстояния Хемминга для улицы Катукова приведён в таблице 2.14.

Далее необходимо выделить расстояние Хемминга между O_u и функцией принадлежности элемента терм-множества «очень низкий» $d_u(O_u, M(\text{«очень низкий» } R_1))$. Чем больше значение расстояния Хемминга, тем более опасной для пешеходов является улица. Результат сравнения позволяет осуществить ранжирование улиц (таблица 2.15). Наименьший уровень обеспечения безопасности дорожного движения – на улице Космонавтов, наиболее безопасной для пешеходного движения является улица Советская.

С целью определения очерёдности мероприятий по повышению уровня обеспечения безопасности пешеходного движения на рассматриваемых улицах можно осуществить ранжирование элементов обустройства по степени риска. Для этого определяется расстояние Хемминга между обобщенной оценкой риска каждого элемента обустройства и функцией принадлежности элемента терм-множества «очень низкий». Из полученных результатов следует, наличие нерегулируемых пешеходных переходов на улицах с 6-

полосной проезжей частью оказывает наибольшее влияние на снижение уровня обеспечения безопасности пешеходного движения.

**Таблица 2.14 – Результаты расчета расстояния Хемминга
для улицы Катукова**

X	Катукова								
	U1	1	2	3	4	5	6	7	
0	0	1	0,917061	0	0	0	0	0	0
0,05	0	0,969068	0,958603	0	0	0	0	0	0
0,1	0	0,931746	0,986407	0,844412	0	0	0	0	0
0,15	0	0,881897	0,999196	0,901157	0	0	0	0	0
0,2	0	0,821704	0,996374	0,946725	0	0	0	0	0
0,25	0	0,753686	0,978074	0,979095	0,821704	0	0	0	0
0,3	0	0,680522	0,945144	0,996788	0,881897	0	0	0	0
0,35	0,75	0,604883	0,899087	0,998983	0,931746	0	0	0	0
0,4	0,865	0,529271	0,841943	0,985576	0,969068	0	0	0	0
0,45	0,915	0,455892	0,776141	0,957194	0,992176	0,863645	0	0	0
0,5	0,95	0	0,70433	0,915139	1	0,917061	0,707283	0,455892	
0,55	0,98	0	0	0,861293	0,992176	0,958603	0,778906	0,529271	
0,6	1	0	0	0	0,969068	0,986407	0,844412	0,604883	
0,65	0,995	0	0	0	0,931746	0,999196	0,901157	0,680522	
0,7	0,96	0	0	0	0,881897	0,996374	0,946725	0,753686	
0,75	0,92	0	0	0	0,821704	0,978074	0,979095	0,821704	
0,8	0,83	0	0	0	0	0,945144	0,996788	0,881897	
0,85	0	0	0	0	0	0,899087	0,998983	0,931746	
0,9	0	0	0	0	0	0,841943	0,985576	0,969068	
0,95	0	0	0	0	0	0	0,957194	0,992176	
1	0	0	0	0	0	0	0,915139	1	
Расстояние Хемминга									
		13,61358	13,02253	9,938498	3,229352	3,689102	7,31929	8,43393	

Таблица 2.15 – Ранжирование улиц расстоянием Хемминга

Улица	Расстояние Хемминга							Ранг	
	Риск								
	1	2	3	4	5	6	7		
Космонавтов	13,70358	13,04253	9,898498	3,149352	3,769102	7,38929	8,50393	1	
Терешковой	13,68158	12,95053	9,746498	2,973	3,957102	7,530741	8,60193	2	
Неделина	13,66158	12,89053	9,666498	2,873	4,057102	7,620741	8,68193	3	
им.60 лет СССР	13,65858	13,02753	9,923498	3,194352	3,724102	7,32429	8,43893	4	
Гагарина	13,64858	12,99753	9,863498	3,114352	3,804102	7,39429	8,48893	5	
Московская	13,61658	12,84553	9,631498	2,838	4,092102	7,655741	8,69693	6	
Победы пр-кт	13,61658	12,84553	9,631498	2,838	4,092102	7,655741	8,69693	7	
Катукова	13,61358	13,02253	9,938498	3,229352	3,689102	7,31929	8,43393	8	
Студеновская	12,90858	12,11753	8,873498	2,08	4,834102	8,387741	9,38893	9	
Советская	12,71858	12,10753	9,003498	2,19	4,724102	8,257741	9,19893	10	

Предлагаемый метод позволяет дать объективную оценку уровня обеспечения безопасности движения на автомобильной дороге при проектировании и реконструкции элементов обустройства, разрабатывать и принимать управляющие решения и может использоваться как в экспертной системе «Безопасность дорожного движения», так и самостоятельно. Метод даёт возможность решать на научной основе следующие основные задачи:

- снижение дорожного травматизма;
- уменьшение экономического ущерба от дорожно-транспортных происшествий;

- повышение эффективности использования средств, направляемых на повышение уровня безопасности дорожного движения;
- постоянный мониторинг и принятие оперативных решений по управлению безопасностью дорожного движения;
- оценка эффективности мероприятий по снижению дорожного травматизма и аварийности.

2.6 Метод комплексной оценки причин аварийности на городских улицах (динамический анализ)

В данном параграфе использованы материалы совместных с проф. Корчагиным В.А. д.т.н., проф. Погодаевым А.К., доц. Суворовым В.А. научных статей [69, 93]. Степень личного участия соискателя заключается в разработке основных положений метода комплексной оценки причин аварийности на городских улицах (динамический анализ). Доля личного участия автора составляет 81 %.

О важности водителя, как элемента системы, говорит и тот факт, что, например, «в I полугодии 2016 г. шесть из семи ДТП (86,5%) произошли из-за нарушения ПДД водителями транспортных средств» [29].

Особое значение поведение водителя играет в городах в условиях высокой интенсивности и неравномерности движения, когда цена ошибки водителя существенно выше. В этом случае отражением поведения водителя являются нарушения ПДД, предшествующие возникновению ДТП. При этом количественно оценить влияние того или иного нарушения ПДД не представляется возможным из-за субъективности оценок участников движения, что, в свою очередь, приводит к нечёткости и неопределённости. Предлагаемый подход связан с введением лингвистических переменных, описывающих

неточное (нечеткое) отражение человеком окружающего мира [31, 34, 58, 110, 150, 164]. Результатом оценивания любого качественного показателя в этом случае является нечеткое число, лежащее в интервале от 0 до 1.

На рисунке 2.11 приведён алгоритм оценки уровня безопасности дорожного движения, определяемого исходя из анализа поведения водителей (динамический анализ). В основе метода – нечеткие множества и экспертные оценки.



Рисунок 2.11 - Метод комплексной оценки уровня обеспечения БДД
(динамический анализ)

Формальная постановка задачи следующая. Имеется P видов нарушений ПДД, которые должны быть оценены и проанализированы по величине рисков возникновения ДТП. Для оценки рисков привлекаются $m = 8$ экспертов.

Введем лингвистическую переменную для оценки рисков возникновения ДТП по видам нарушений. Количество элементов n в терм-множестве определяется «числом Миллера»: $(7 \pm 2) \leq 13$ и должно быть нечётным [150].

Чтобы составить терм-множество, зададим совокупность значений лингвистической переменной ($n = 7$): $T(x) = \{\text{очень высокий}, \text{высокий}, \text{выше среднего}, \text{средний}, \text{ниже среднего}, \text{низкий}, \text{очень низкий}\}$.

Для построения функции принадлежности для каждого элемента терм-множества используем нормальный закон распределения [19]. Универсальное множество $M(X)$ определено на интервале $[0;1]$, а функция принадлежности элементов терм-множества определяется по формуле (2.6).

На рисунке 2.12 представлен график функций принадлежности значений лингвистической переменной.

Результаты экспертной оценки риска возникновения ДТП по видам нарушений приведены в таблице 1 *Приложения Г*. Для оценки риска было выбрано $P = 16$ наиболее характерных для городских условий видов нарушений ПДД. В экспертизе приняло участие $m = 8$ экспертов, среди которых представители различных слоёв населения: работники ГИБДД, сотрудник управления дорог и транспорта, водители, инструктор автошколы.

Оценка вида риска i осуществляется экспертом j для нарушения ПДД вида k в качественной форме (таблица 1 *Приложения Г*). Качественная оценка переводится в нечёткое число r_{ij} по формуле 2.5.

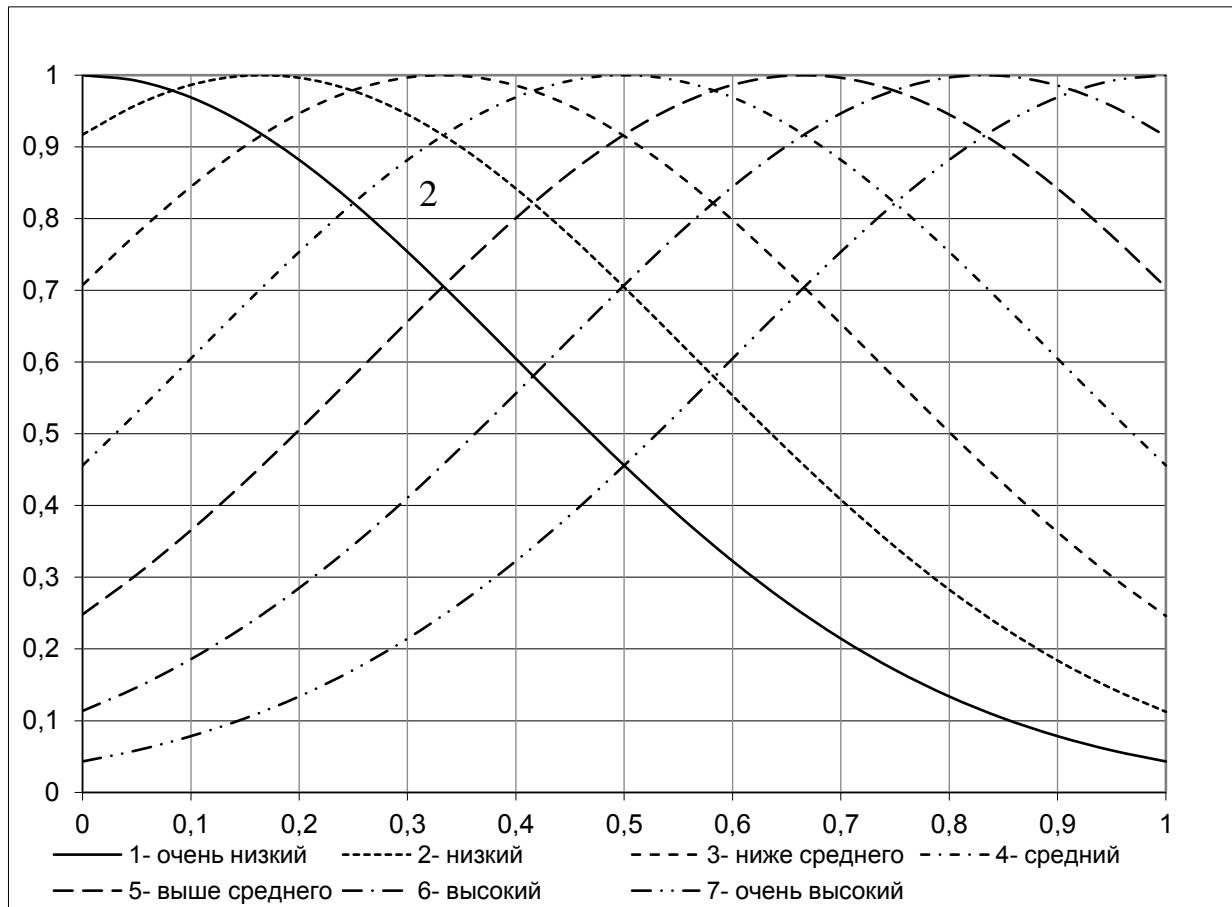


Рисунок 2.12 - Функции принадлежности элементов терм-множества

Обобщение оценок риска по каждому виду нарушений ПДД проводится путём агрегирования оценок экспертов по формуле 2.6.

Пример расчета обобщенной оценки риска для нарушения ПДД «Несоответствие скорости конкретным условиям» приведён в таблице 2 Приложения Г. Таких таблиц составлено столько же, сколько видов нарушений, то есть 16.

Определим участки улично-дорожной сети, для которых необходимо провести оценку уровня безопасности дорожного движения. Возьмём в качестве объектов оценки $U = 10$ ($u = \overline{1, U}$) улиц с наиболее высокой аварийностью. Для г. Липецка это улицы Терешковой, Гагарина, Катукова, Космонавтов, Московская, Неделина, Советская, Студеновская, а также проспекты Победы и им. 60-летия СССР.

Для определения комплексной оценки риска возникновения ДТП необходимо оценить вес конкретного нарушения на каждой улице. Провести качественную оценку веса нарушения на каждой улице отдельно затруднительно ввиду недостаточной информативности экспертов, что приведёт к недостоверности. Поэтому в качестве оценки весов используем статистические данные по нарушениям ПДД, предшествующим возникновению ДТП, на основе которых определяется доля (вес) каждого вида нарушения ПДД.

Для выполнения условия соразмерности требуется нормировка весов. Целью нормировки является приведение количественного показателя к числу, лежащему на интервале от 0 до 1

$$\overline{w_{uk}} = \frac{w_{uk}}{w_{u1} + w_{u2} + \dots + w_{uP}}. \quad (2.19)$$

Результаты расчетов для 10 улиц приведены в таблице 3 *Приложения Г*.

Комплексная оценка риска возникновения ДТП на улице *u* определяется по формуле 2.15. Полученные результаты расчета комплексной оценки риска возникновения ДТП по каждой улице сведены в таблицу 4 *Приложения Г*. Графическая комплексная оценка риска по улице Космонавтов представлена на рисунке 2.13.

Для определения уровня безопасности дорожного движения используется расстояние Хемминга между парами функций принадлежности. Обобщенное расстояние Хемминга дает линейную оценку расстояния между нечеткими конечными множествами А и В, заданных на одном и том же *X* по формуле (2.18).

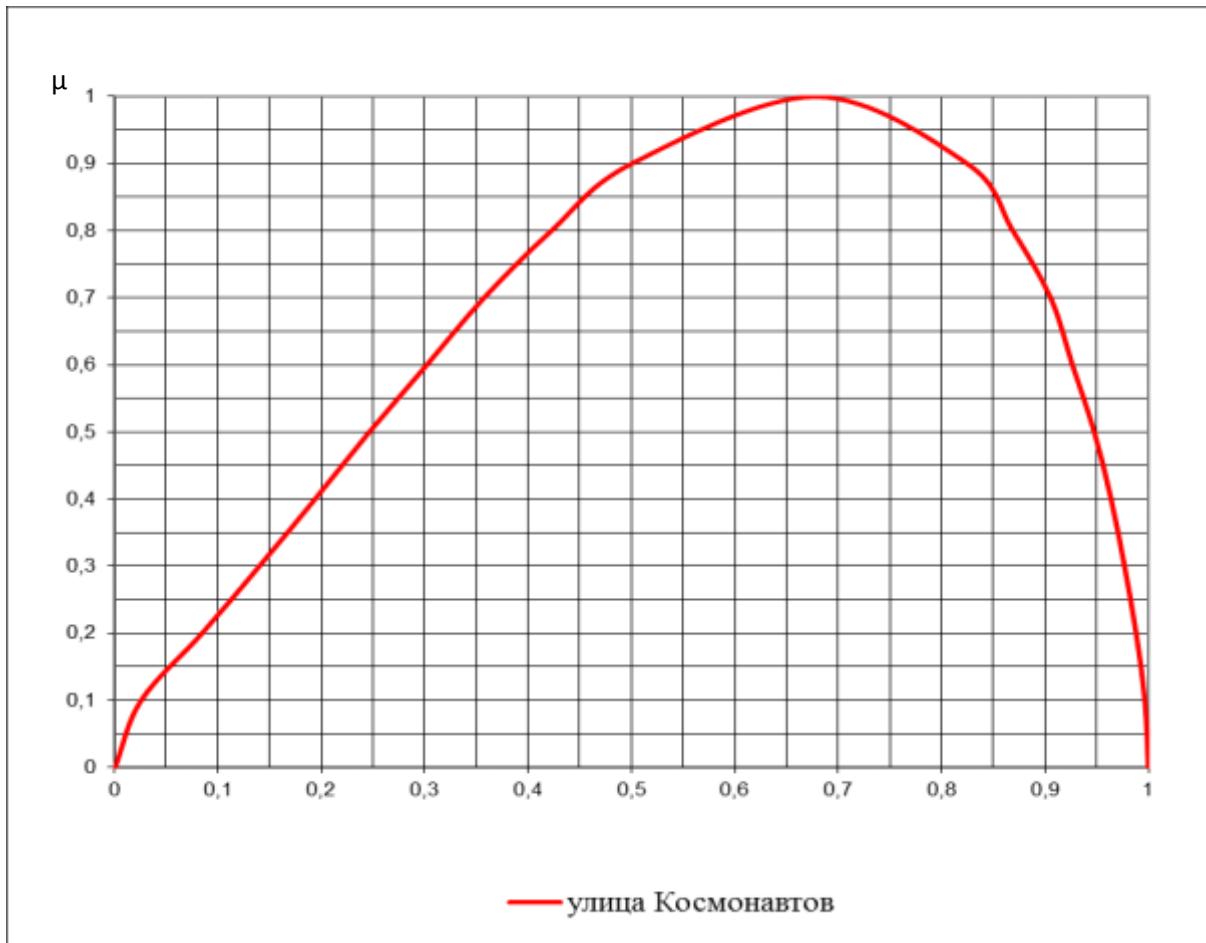


Рисунок 2.13 - Комплексная оценка риска возникновения ДТП по улице Космонавтов

Преобразование нечетких чисел R_u в лингвистические переменные осуществляется с помощью расстояния между R_u и нечеткими множествами $M(X)$, составляющими совокупность терма. Тот элемент терма, до которого расстояние будет минимальным, определяет лингвистическую оценку риска для улицы u .

Пример расчета расстояния Хемминга для улицы Космонавтов приведён в таблице 2.16. Лингвистическая оценка улицы U_u определяется минимальным расстоянием до элемента терма, задающего степень риска данной улицы.

Таблица 2.16 - Определение расстояния Хемминга $d_u(R_u, M(X))$
для улицы Космонавтов

X	μ							
	R_1	r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6	r_7
0	0	1	0,917061	0,707283	0,455892	0,248167	0,113612	0,043196
0,05	0,15	0,992176	0,958603	0,778906	0,529271	0,303537	0,146401	0,05868
0,1	0,23	0,969068	0,986407	0,844412	0,604883	0,365475	0,185712	0,078471
0,15	0,32	0,931746	0,999196	0,901157	0,680522	0,433191	0,231907	0,103302
0,2	0,41	0,881897	0,996374	0,946725	0,753686	0,505451	0,285079	0,133871
0,25	0,505	0,821704	0,978074	0,979095	0,821704	0,580572	0,344979	0,170781
0,3	0,6	0,753686	0,945144	0,996788	0,881897	0,656462	0,410959	0,214471
0,35	0,68	0,680522	0,899087	0,998983	0,931746	0,730703	0,481927	0,265141
0,4	0,77	0,604883	0,841943	0,985576	0,969068	0,800663	0,556342	0,322672
0,45	0,845	0,529271	0,776141	0,957194	0,992176	0,863645	0,632236	0,386565
0,5	0,9	0,455892	0,70433	0,915139	1	0,917061	0,707283	0,455892
0,55	0,94	0,386565	0,6292	0,861293	0,992176	0,958603	0,778906	0,529271
0,6	0,97	0,322672	0,553322	0,797981	0,969068	0,986407	0,844412	0,604883
0,65	0,995	0,265141	0,479011	0,727798	0,931746	0,999196	0,901157	0,680522
0,7	1	0,214471	0,408215	0,653442	0,881897	0,996374	0,946725	0,753686
0,75	0,97	0,170781	0,342461	0,577537	0,821704	0,978074	0,979095	0,821704
0,8	0,925	0,133871	0,28282	0,502493	0,753686	0,945144	0,996788	0,881897
0,85	0,855	0,103302	0,229925	0,430385	0,680522	0,899087	0,998983	0,931746
0,9	0,715	0,078471	0,184009	0,362879	0,604883	0,841943	0,985576	0,969068
0,95	0,475	0,05868	0,144967	0,301193	0,529271	0,776141	0,957194	0,992176
1	0	0,043196	0,112429	0,246095	0,455892	0,70433	0,915139	1
Расстояние Хемминга								
		11,215	9,824918	7,477353	4,559677	2,242477	3,867361	5,639378

Для сравнения улиц между собой необходимо выделить расстояние Хемминга между R_u и функцией принадлежности элемента терм-множества «очень низкий» $d_u(R_u, M(\text{«очень низкий» } R_1))$.

Результат сравнения – утверждение о том, какая улица более рискованная – позволяет осуществить ранжирование. В таблице 2.17 приведены результаты определения уровня безопасности и

ранжирование рассматриваемых улиц. Наименьший уровень безопасности дорожного движения – на улице Космонавтов, наиболее безопасной улицей является проспект имени 60-летия СССР.

Таблица 2.17 - Лингвистическая оценка и ранжирование улиц по степени риска

Улица	Расстояние Хемминга							Уровень риска (словесная оценка)	Уровень риска (по ранжиру)		
	Риск										
	r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6	r_7				
Космонавтов ул.	13,704	13,043	9,898	3,149	3,769	7,389	8,504	Средний	1		
Неделина ул.	13,662	12,891	9,666	2,873	4,057	7,621	8,682	Средний	2		
им. 60-летия СССР пр-кт	13,659	13,028	9,923	3,194	3,724	7,324	8,439	Средний	3		
Гагарина ул.	13,649	12,998	9,863	3,114	3,804	7,394	8,489	Средний	4		
Московская ул.	13,617	12,846	9,631	2,838	4,092	7,656	13,617	Средний	5		
Победы пр-кт	13,617	12,846	9,631	2,838	4,092	7,656	8,697	Средний	6		
Катукова ул.	13,614	13,023	9,938	3,229	3,689	7,319	8,434	Средний	7		
Студеновская ул.	12,909	12,118	8,873	2,08	4,834	8,388	9,389	Средний	8		
Советская ул.	12,719	12,108	9,003	2,19	4,724	8,258	9,199	Средний	9		
Терешковой ул.	10,589	8,866	6,342	3,644	2,562	5,112	6,698	Выше среднего	10		

Предлагаемый метод определения и сравнительной оценки уровня безопасности дорожного движения может применяться не только к улицам, но и к их частям, территориальным районам города и к городу в целом.

Данные, необходимые для подготовительного этапа (проведение экспертизы и обработка её результатов), могут использоваться многократно. Накапливаемая в базе данных статистическая информация по нарушениям ПДД позволяет оперативно оценивать

уровень безопасности дорожного движения. Предлагаемый метод даёт возможность с минимальной трудоемкостью проводить постоянный мониторинг обстановки с любой периодичностью. Результаты определения уровня безопасности дорожного движения повышают эффективность правоприменительной практики и социально-маркетинговых кампаний, направленных на профилактику правонарушений в области дорожного движения, значимость которых подтверждается результатами, полученными в рамках реализации международного проекта по безопасности дорожного движения Global Road Safety Project (RS-10) в Российской Федерации в 2010-2014 гг. [196, 235].

2.7 Выбор наименее экологоопасного автомобиля для транспортных услуг

Данный параграф написан под руководством д.т.н., проф. Корчагина В.А. д.т.н. с его непосредственным участием. Степень личного участия соискателя заключается в формулировании предложений по практической реализации предложенной идеи. Доля личного участия автора составляет 29 %.

Научная новизна решаемой проблемы в диссертации – аргументация целесообразности трансформации системы знаний о мироустройстве, обществе, человеке и повышении роли фундаментальной основы в образовании на базе органического союза его естественнонаучной и гуманитарной составляющих в пределах целостной культурной сферы.

Важными элементами научной новизны научной школы профессора Корчагина В.А. являются следующие разработки: впервые на основе природоцентрического мышления дано системное представление проблемы сбалансированного взаимодействия

транспортного предприятия с биосферой; концептуальная схема модели функционирования СПЭТС; сложные саморазвивающиеся СПЭТС. Основные положения приведённых научных разработок изложены в работах [48, 64, 84, 96, 97, 100-103, 105].

Хорошее образование является одним из факторов повышения экономической, социальной и экологической безопасности и, в конечном итоге, уровня качества жизни человека. Качество жизни населения необходимо определять не только количеством потребляемых материальных благ, но и уровнем развития духовных, нравственных начал в человеке, позволяющих формировать его личность. Аргументация: от качества образования общества во многом зависит то, какой ценой и какими темпами будет осуществляться дальнейший научно-философский прогресс (НФП), т.е. умственное, нравственное движение вперёд, когда будет обеспечен НФП. Тогда появится возможность быстрее и эффективнее развить научно-технический прогресс. Главный потенциал человека сосредоточен именно в его интеллекте, в его разуме и нравственности.

В XXI веке во многих странах ученых и населения повысился уровень понимания неизбежности противоречий между разумом и природой, человеком и окружающей средой. Пришло понимание ответственности разума за отыскание путей разрешения этих противоречий и того, что они могут однажды привести человечество к катастрофе. Возникли идеи совершенствования нравственного начала, создания нового мирового правопорядка. Новый правопорядок и новая моральная основа человеческого общества - необходимые условия дальнейшего развития цивилизации.

Главными задачами разума человечества остаются: осознание им необходимости неотложных действий по обеспечению достаточной гармонии совместных усилий с экосистемой в обменных процессах

Вселенной при паритете интересов природной среды и человечества; перейти к модели целенаправленного регулируемого экоразвития на основе качества и инновационного прорыва. Такой подход даст самый важный социально-экономический результат для всего человечества - улучшение состояния окружающей среды и повышение уровня качества жизни населения на протяжении его жизненного цикла.

Предложена макроэкологическая парадигма - производственной экономике необходимо развиваться в пределах законов экономики природы. Человечеству для сохранения целостности на максимально возможный период времени рекомендуется обеспечить: приоритет повышения всеобщего качества жизни населения; улучшение состояния окружающей среды; сохранение целостности биосферы Земли.

Образовательная парадигма представлена как логически связанная триада: от целостной картины мира - к новому прогрессивному знанию и через него - к осуществлению научно-философского и научно-технического прогрессов.

Как альтернатива антропоцентрическому сознанию, направленного на потребительское отношение к природе, выдвигается представление о природоцентрическом типе экологического сознания и мышления, когда личность начинает выступать и осознавать себя как «процессуальную единицу» самоосуществления природы в форме человеческого сознания. Только в данном случае личность будет вести и ощущать себя экологическим субъектом развития природы, в том числе своих способностей и окружающей среды.

Научный экскурс приводит нас к рассмотрению самоорганизующихся и саморазвивающихся систем как наиболее сложного явления, включающего в себя практически всю научную парадигму системных исследований.

В настоящее время возникла актуальная задача оптимального совмещения научно-технической и хозяйственной деятельности человека с процессами, протекающими в биосфере. Развитие человеческого общества привело к тому, что природные экосистемы постепенно вытесняются системами, имеющими антропогенную составляющую. Устойчивое функционирование таких систем возможно только при выполнении принципа сбалансированности: совокупная антропогенная нагрузка, включающая всю сумму техногенного воздействия на экологическую подсистему от изъятия природных ресурсов до техногенного загрязнения, не должна превосходить самовосстановительного потенциала последней. Такие системы названы транспортными социоприродоэкономическими системами - это часть техносферы и биосферы, ограниченная определенной территорией, где природные, социальные и производственные составляющие и процессы связаны взаимоподдерживающими, взаимовлияющими потоками вещества, энергии и информации [90].

Применение биосферно-совместимых технологий обеспечит такое взаимодействие подсистем, при котором сохранятся свои источники саморазвития и вместе с тем дают возможность оптимально и устойчиво функционировать всей соприродоэкономической системе, как открытой саморазвивающейся [73].

Сегодня имеется актуальная необходимость разработки и применения новых креативных транспортных технологий, экологически нормативных и учитывающих архитектурные, культурные, природные особенности конкретного региона. При этом управляющие решения разрабатываются без учета биосферно-нормативного грузодвижения. Чтобы обеспечить эффективное функционирование региона, его транспортно-логистические системы должны обладать свойствами адаптивности, гибкости, надежности, социальной и экономической

эффективности. Они должны проектироваться с учетом биосферно-совместимого функционирования [80].

Для сравнительной оценки автомобилей по загрязнению атмосферы вредными веществами отработавших газов используются следующие показатели [106]:

интегральный показатель оценки экологической опасности автомобиля при его эксплуатации, фактическое значение рассчитывается по формуле

$$\Pi_{\text{инт}}^{\Phi} = \frac{\sum M_{\text{пр}}}{W_{\Gamma}}, \quad (2.20)$$

где $\sum M_{\text{пр}}$ - приведенная масса выбросов, учитываемых вредных веществ за год, усл.т/год;

W_{Γ} — выполненный грузооборот автомобилем за год, ткм/год;
экологически-нормативный биосферосовместимый интегральный показатель опасности автомобиля при известных значениях его выбросов загрязняющих веществ, соответствующих экологическим требованиям стандарта

$$\Pi_{\text{инт}}^H = \frac{\sum M_{\text{пр.н}}}{W_{\Gamma}}, \quad (2.21)$$

где $\sum M_{\text{пр.н}}$ - нормативная приведенная масса выброса загрязняющих веществ, значения которых удовлетворяют экологическим требованиям стандарта, усл.т/год.

Показатель $\Pi_{\text{инт}}^{\Phi}$ количественно отражает абсолютную величину приведенной массы выброса загрязняющих веществ на единицу транспортной работы, усл.т/ткм [106].

Появилась возможность осуществлять выбор наименее экологически опасного варианта из предлагаемых инженерных разработок при сопоставлении нескольких взаимозаменяемых вариантов решения одной и той же задачи.

Вариант, который обеспечивает минимум значения показателя $\Pi_{\text{инт}}^{\text{луч}}$ из рассматриваемых $\Pi_{\text{инт}}^{\Phi}$, является лучшим, наиболее эффективным. Но еще не известно удовлетворяет ли значение показателя $\Pi_{\text{инт}}^{\text{луч}}$ экологическим требованиям стандарта [106].

Чтобы сделать объективное заключение, этот лучший вариант необходимо сравнить со значением экологически-нормативным биосферосовместимым показателем опасности автомобиля $\Pi_{\text{инт}}^H$. Если $\Pi_{\text{инт}}^{\text{луч}} < \Pi_{\text{инт}}^H$, то этот вариант наиболее социально-экономически выгодный, его следует рекомендовать к внедрению. Любую производственную, техническую, хозяйственную и организационную задачу можно решить несколькими путями. Поэтому выбрать вариант, наиболее экономически целесообразный, оценить уровень его экономической эффективности, а также величину эффекта можно только путем сравнения разных вариантов решения одной и той же задачи. Наиболее выгодным вариантом новой техники с народнохозяйственной точки зрения будет тот, по которому величина приведенных затрат наименьшая или народнохозяйственный экономический эффект наибольший [106].

Для выбора наиболее экономически выгодного варианта создания и использования новой техники должно быть разработано допустимое множество вариантов, в которое должны быть включены экономически тождественные (с точки зрения удовлетворения конкретной потребности народного хозяйства), но конкурирующие по способам достижения этого тождества альтернативы. Для научно обоснованного выявления и отбора важных патентов с наибольшей эффективностью,

предшествующих включению в планы внедрения предприятия и отрасли, необходимо разработать следующие методические аспекты: выбор наилучших вариантов создания и оформления патента; отбор наиболее эффективных патентов с целью включения в план развития науки и техники; отражение показателей экономической эффективности патентов в планах предприятия и отрасли и в народнохозяйственном плане [106].

Разработанные методологические подходы и предложенные критерии формируют инновационно-качественный уровень научных основ для оценки, (сравнения и выбора наиболее эффективных инженерных решений для эколого-экономического развития транспортных узлов, оптимизации грузодвижения на территории региона с учетом экологического фактора. При этом предложенные алгоритмы и критерии не требуют большого массива информации для расчетов, важным преимуществом полученных результатов является значительное сокращение трудозатрат и трудоемкости на выполнение необходимых расчетов [106].

Использование результатов исследования представляется полезным и прогрессивным, так как появилась возможность при поиске наиболее экономически эффективного варианта учитывать критерии: минимизация ресурсоэнергоемкости производства и ресурсоматериоемкости услуги; уровень экоэффективности и экологизации производства.

В условиях глобализации и необходимости использования в транспортной отрасли энерго- и ресурсоэффективных технологий, а также в связи с вступлением России в ВТО социально-ориентированные отрасли экономики приобретают стратегический характер, что требует социально-ответственного ведения бизнеса в соответствии с принципами устойчивого развития.

Выходы по главе

1. Разработаны теоретические и методологические принципы функционирования ЭСБДД, включающие формирование базы данных для представления объекта исследования ВАДС, как подсистемы открытой СПЭТС и теоретико-практические подходы для планирования и принятия управленческих решений по повышению уровня системной БДД на основе эволюционирующей базы знаний.
2. Применение современных математических методов и программного обеспечения позволило разработать новые теоретико-методические подходы к классификации участков автомобильных дорог и улиц муниципальных образований. Впервые для классификации одновременно использовались переменные, характеризующие аварийность, поведение участников дорожного движения и сложность объектов. Полученные зависимости показали чёткое разделение по всем переменным. По результатам анализа улично-дорожной сети г. Липецка выделено 3 классификационные группы: в наиболее проблемную группу вошли 6 улиц, 18 улиц определили классификационную группу с меньшими проблемами, 39 улиц составили наименее проблемную группу.
3. На основе дискриминантного анализа разработана математическая модель для определения принадлежности их к конкретной классификационной группе для решения практических задач, обеспечивающих повышение эффективности, экологической и дорожной безопасности эксплуатации автомобильного транспорта
4. Использование теории нечётких множеств и экспертных оценок позволило впервые разработать новую научную концепцию комплексной оценки уровня обеспечения БДД, определяемой степенью влияния элементов обустройства дорожной инфраструктуры,

позволяющая выполнять статический анализ оценки риска возникновения ДТП на УДС и её отдельных элементах.

Выполнено ранжирование объектов дорожной инфраструктуры по уровню влияния на риск возникновения ДТП. Наиболее опасным признан нерегулируемый пешеходный переход. Предлагаемый метод позволяет повысить уровень БДД на автомобильной дороге при проектировании и реконструкции.

5. Разработанные методология и научно-методические подходы к комплексной оценке причин аварийности на городских улицах (динамический анализ) позволяют эффективно организовать и управлять процессами взаимодействия участников дорожного движения посредством своевременной и эффективной правоприменительной практики, и социально-маркетинговой политики. В качестве объектов, для которых проведена оценка уровня безопасности дорожного движения, было выбрано 10 улиц г. Липецка с наиболее высокой аварийностью. Наиболее опасной является улица Космонавтов.

Выработан механизм обработки статистической информации по нарушениям ПДД, что даёт возможность оперативно оценивать уровень БДД на улично-дорожной сети. Предлагаемый метод позволяет с минимальной трудоемкостью проводить постоянный мониторинг обстановки с любой периодичностью.

6. Разработанные научные подходы и методы, математические модели и методологии решаемых задач позволили: сформулировать комплексное понимание проблемы системной безопасности дорожного движения; создать научно-методологические и практические методы организации обеспечения БДД по предупреждению возникновения ДТП.

Глава 3

Разработка математических моделей прогнозирования показателей аварийности дорожного движения

В данной главе использованы материалы совместных с д.т.н., проф. Корчагиным В.А., с к.т.н., доцентом Суворовым В.А. научных статей [63, 72]. Степень личного участия соискателя заключается в разработке методики прогнозирования показателей аварийности. Автором диссертации предложено в качестве показателей аварийности наряду с традиционными использовать нарушения, приведшие к возникновению ДТП. Доля личного участия автора составляет 83 %.

3.1 Модели временных рядов как инструмент экспертной системы для прогнозирования дорожно-транспортных происшествий

Важнейшим структурным элементом ЭСБДД является прогнозирование показателей аварийности. «Эффективность принятия управленческих решений, в том числе в рассматриваемой сфере, зависит от полноты и достоверности данных о рассматриваемом процессе. Поскольку решения принимаются на перспективу, то выявление основных тенденций развития процесса позволяет более обоснованно оценить возможные значения его показателей, сформировать систему мероприятий, обеспечивающих достижение поставленной цели. На оценку сложившейся ситуации влияют такие показатели как: уровень ее стабильности, наличие надежной статистики и истории развития событий, возможность формулировки задач и корректировки их решения, выделяемость внутренней и

внешней сферы проблемы, хаотичность событий, длительность временных интервалов слежения за событиями» [36, с. 2].

«Установление причин возникновения проблем позволяет глубже понять закономерности функционирования объекта управления, вскрыть наиболее существенные факторы, влияющие на достижение целей. Этому способствует и определение взаимосвязи данной проблемы с другими проблемами. Бытует представление, что проблемы возникают внезапно, неожиданно. Это представление неверно и объясняется тем, что часто в процессе управления не выполняется функция выявления проблем. Эта функция должна постоянно осуществляться руководством в любой организационной системе. Для реализации функции выявления проблем необходимо организовать систематический сбор информации о состоянии системы и внешней среды и проводить анализ степени достижения целей. Большое значение имеет прогнозирование появления проблем в будущем. Прогнозирование проблем устраниет неожиданность их появления и, следовательно, увеличивает располагаемое время для подготовки решений. Естественно, что в этих условиях деятельность руководителя в значительно большей степени приобретает планомерный характер, уменьшается количество быстрых и поэтому недостаточно хорошо проработанных оперативных решений» [31, с. 76].

К показателям аварийности традиционно относят количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП), число раненых и погибших. Эти данные позволяют анализировать последствия ДТП и прогнозирование их даёт возможность влиять на аварийность упреждающими мерами. Для повышения эффективности этих мер необходимо дополнить указанный перечень показателями аварийности, характеризующими причины возникновения ДТП, которые

определяются видом нарушения ПДД, предшествующим возникновению ДТП. Перечень этих нарушений и их группирование представлены в таблице 2.1 (стр. 53, гл. 2).

Данные о таких показателях, как количество ДТП, погибших, раненых и нарушений ПДД, предшествующих возникновению ДТП имеют временную привязку и могут быть спрогнозированы. В таблице *Приложения Д* приведены исходные данные для прогнозирования изменения показателей аварийности за 5 лет по месяцам (2012-2016 гг.).

Для определения характеристик распределений показателей аварийности необходимо провести разведочный анализ, который реализован в системе STATISTICA в модуле «Описательные статистики». Разведочный анализ позволяет сделать оценку характеристик рассеивания случайных величин для принятия решения дальнейшего анализа [23, 181].

На рисунках 3.1 и 3.2 представлены диаграммы размаха или графики «ящики-усы» [181], визуально описывающие статистические характеристики анализируемых данных, такие как медиана, нижний и верхний квартили, минимальное и максимальное значение выборки и выбросы. Результаты анализа подтверждают возможность прогнозирования принятых показателей аварийности. Причём значительная разница в размерах минимального и максимального значения выборки относительно соответственно нижнего и верхнего квартилей для группы 4 нарушений ПДД показывает вероятность наличия сезонной составляющей.

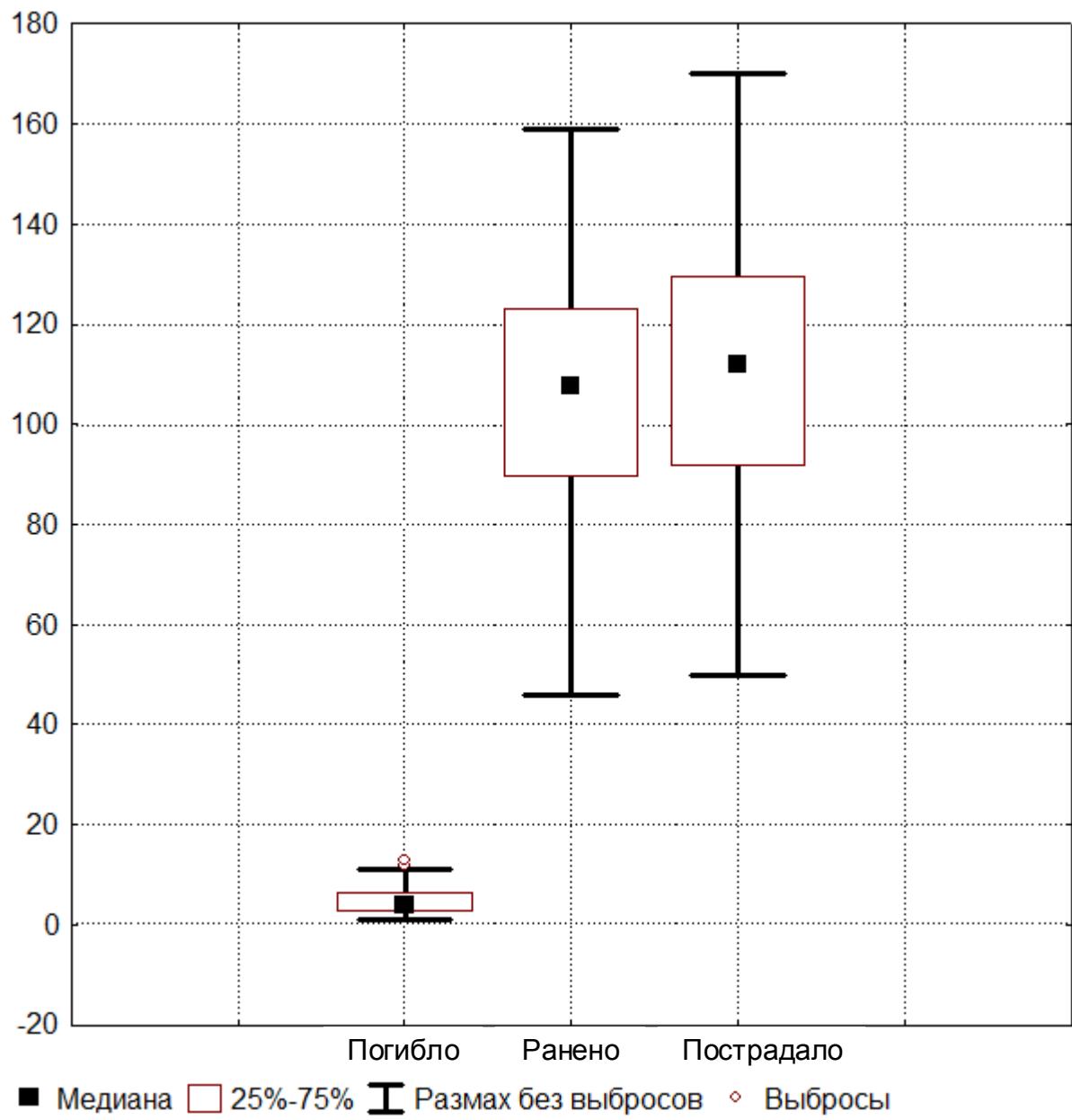


Рисунок 3.1 - Диаграмма размаха для пострадавших

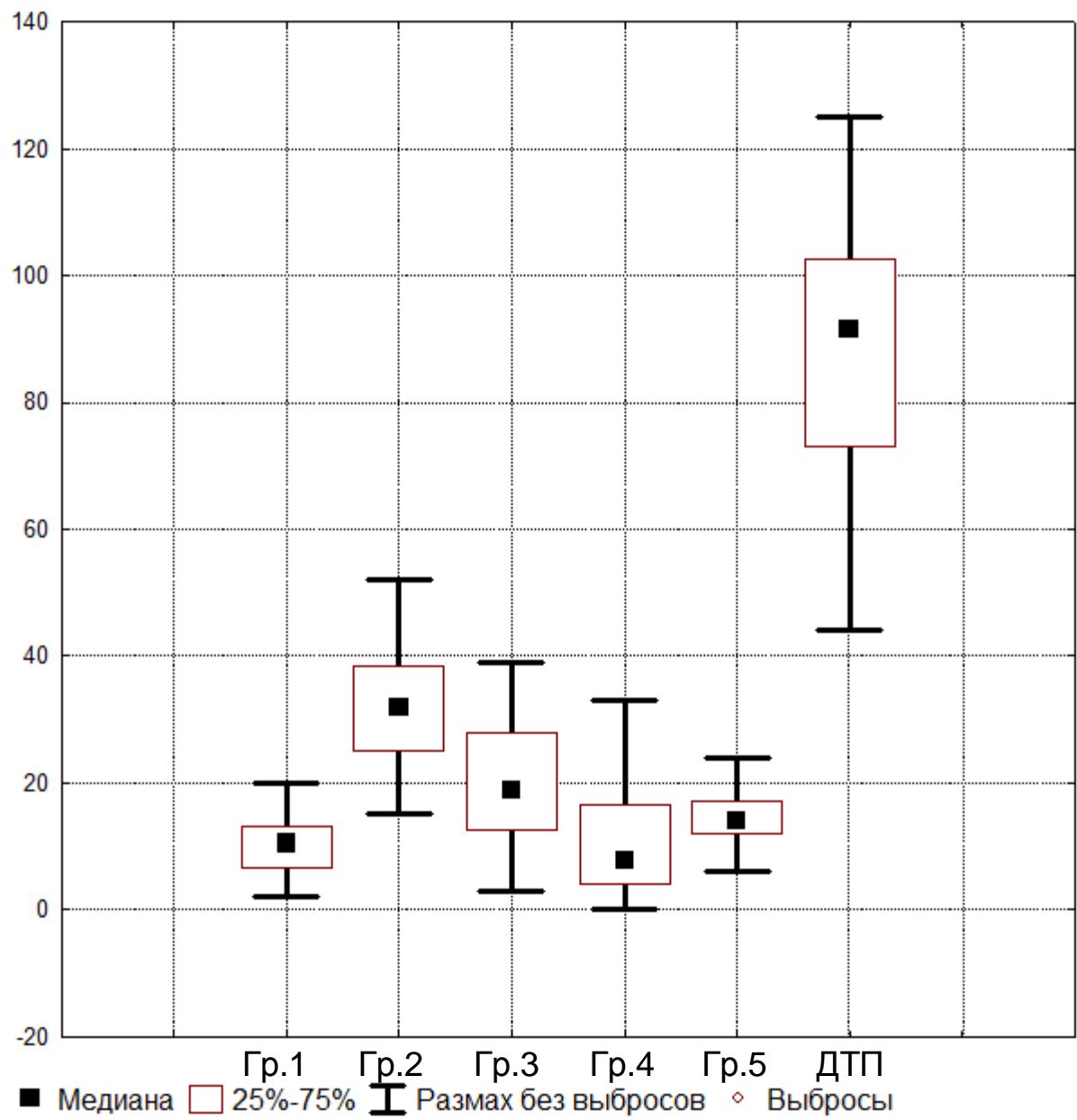


Рисунок 3.2 - Диаграмма размаха для общего числа ДТП
и групп нарушений ПДД

«Основные задачи анализа:

- 1) прогнозирование, на основе знания прошлого;
- 2) сжатое описание характерных особенностей ряда;
- 3) управление процессом, порождающим ряд» [23].

Для анализа временных рядов существуют различные методы исследования и анализа: корреляционный и спектральный анализ, сглаживание и фильтрация, модели авторегрессии и скользящего среднего [8, 11, 17, 40, 41, 151].

Исследования показали, что для прогнозирования показателей уровня БДД наиболее эффективно использовать методы анализа временных рядов, такие как модель авторегрессии и проинтегрированного скользящего среднего (АРПСС) и экспоненциальное сглаживание [104]. В настоящее время математические модели прогноза поведения временных рядов строятся в том числе и на основе нейронных сетей. Предприняты попытки построить такие модели для показателей аварийности покали, что точность классических моделей гораздо выше.

На рисунке 3.3 приведен график изменения количества ДТП, который демонстрирует возможность использования для прогнозирования методов анализа временных рядов. Алгоритм выбора модели представлен на рисунке 3.4.

Основное отличие временных рядов заключается в том, что наблюдения проводятся для одного и того же показателя в последовательные моменты времени. Временные ряды характеризуются тесной связью близко расположенных значений (будущие значения, как правило, определяются в значительной степени прошлыми значениями) [17, 40]. Эта особенность временных рядов может быть эффективно использована для решения различных задач прогнозирования будущих значений временного ряда.

В случае, если разница в величинах прогнозов небольшая, предпочтение следует отдать модели АРПСС из-за наличия доверительного интервала, который позволяет на основе прогноза,

имеющего верхнюю и нижнюю границу значений показателя, оценить риск принятия решения.

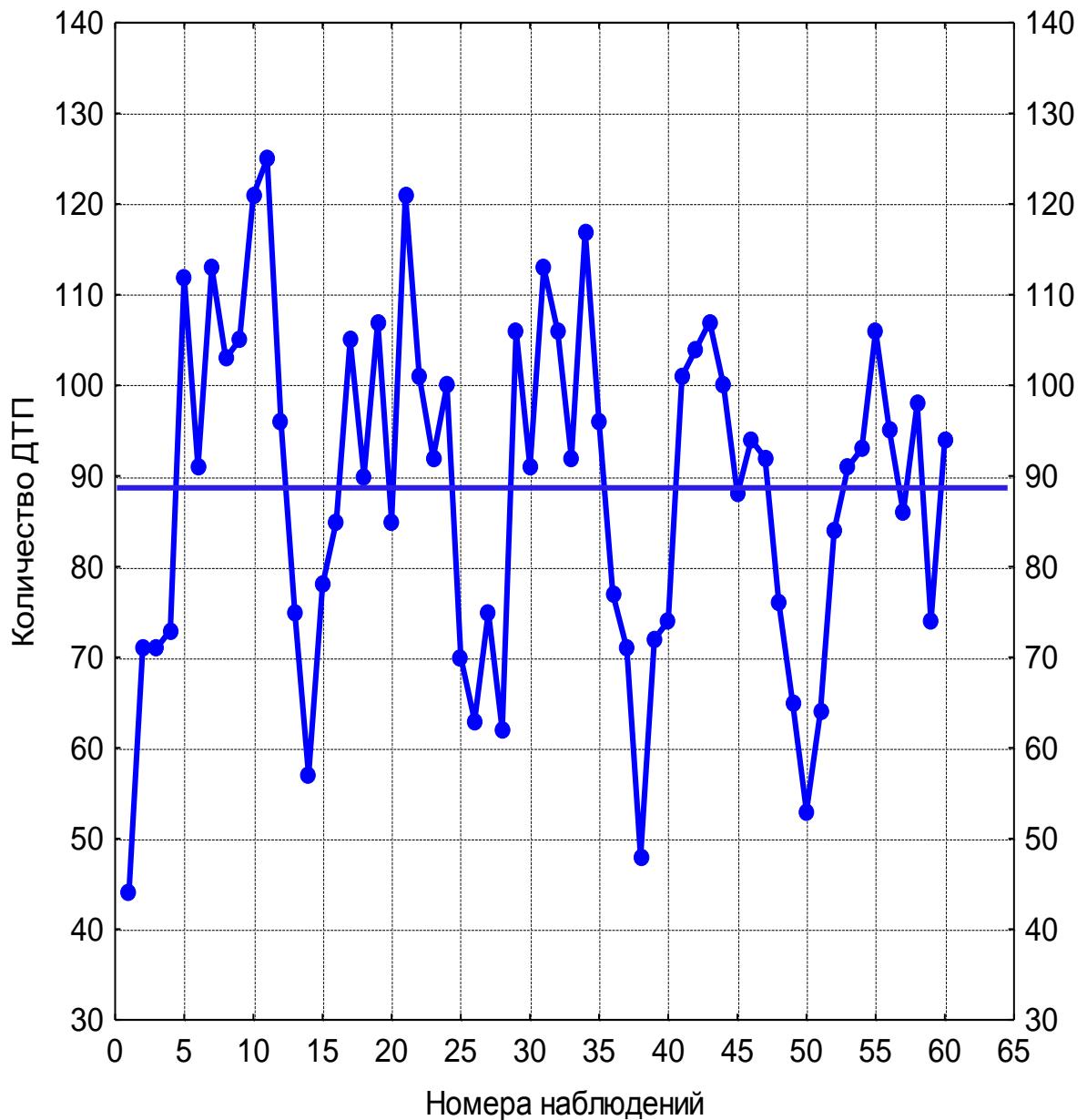


Рисунок 3.3 - Динамика изменения количества ДТП за 5 лет по месяцам

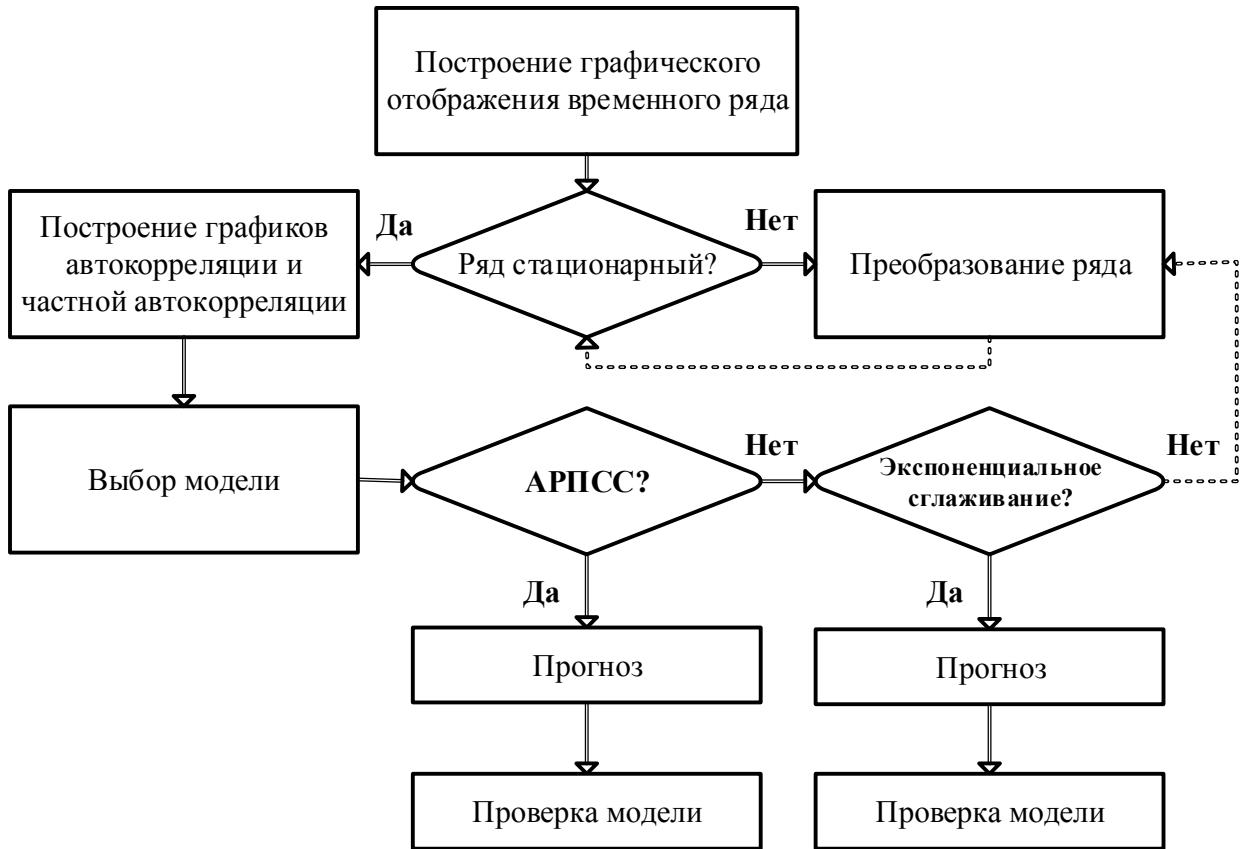


Рисунок 3.4 - Алгоритм построения математической модели прогнозирования показателей аварийности

3.2 Модель авторегрессии и проинтегрированного скользящего среднего

Модель АРСС включает в себя обычные авторегрессионные члены и члены скользящего среднего, отвечающие за автокорреляции при низких интервалах, а также авторегрессионные члены и члены скользящего среднего, отвечающие за автокорреляции и частные автокорреляции при сезонных интервалах.

Построение математической модели на основе АРСС приводится на примере данных по общему количеству ДТП. На графике рисунка 3.3 прослеживается структура, которая повторяется каждый год. Тренд

отсутствует. Следовательно, временной ряд является стационарным с сезонной составляющей.

На рисунке 3.5 показан график автокорреляционной функции. Коэффициенты автокорреляции отличны от нуля при небольших интервалах запаздывания (внутригодовые взаимосвязи) и при интервале, кратному периоду сезонности (междугодовые взаимосвязи).

Аналогичную картину представляет и график частной автокорреляционной функции, представленный на рисунке 3.6.

В этом случае возможно применение сезонной модели АРПСС. В случае стационарного ряда обычные разности $d = 0$ и сезонные разности $D = 0$, т.е. не применяются [17, 3.10].

Характер поведения автокорреляционной и частной автокорреляционной функции предполагает следующие параметры АРПСС: количество обычных авторегрессионных слагаемых $p = 0$, количество обычных слагаемых скользящего среднего $q = 2$, количество сезонных авторегрессионных слагаемых $P = 0$, количество слагаемых сезонного скользящего среднего $Q = 1$ [2, 17].

Модель АРПСС имеет вид

$$\text{АРПСС}(p, d, q)(P, D, Q) = \varphi + \varepsilon_t - \delta_1 \varepsilon_{t-1} - \delta_2 \varepsilon_{t-2} - \Omega_1 \varepsilon_{t-12}, \quad (3.1)$$

где φ - средняя ряда;

$\varepsilon_t, \varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \varepsilon_{t-12}$ – ошибка модели соответственно в момент времени t , на один шаг ранее, на два шага ранее, за предыдущий период;

δ_1, δ_2 – параметры модели авторегрессии;

Ω – параметр модели скользящего среднего.

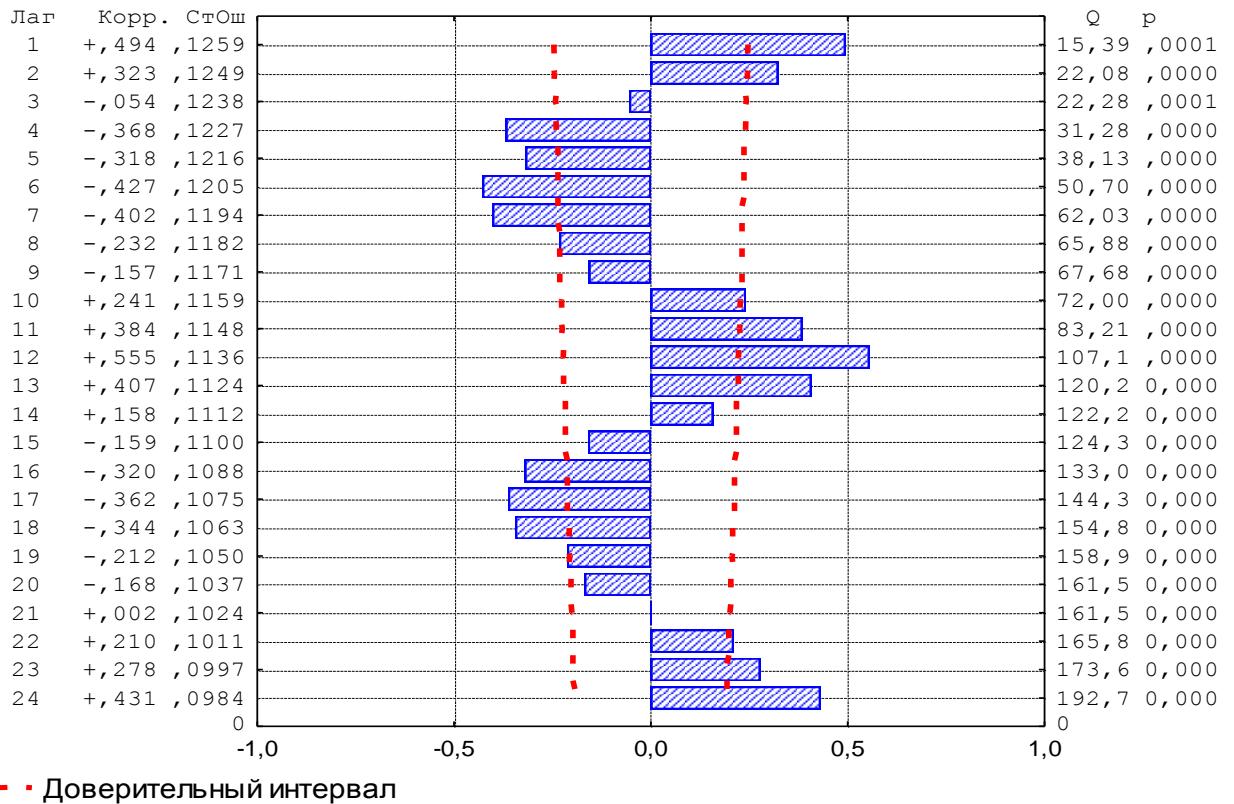
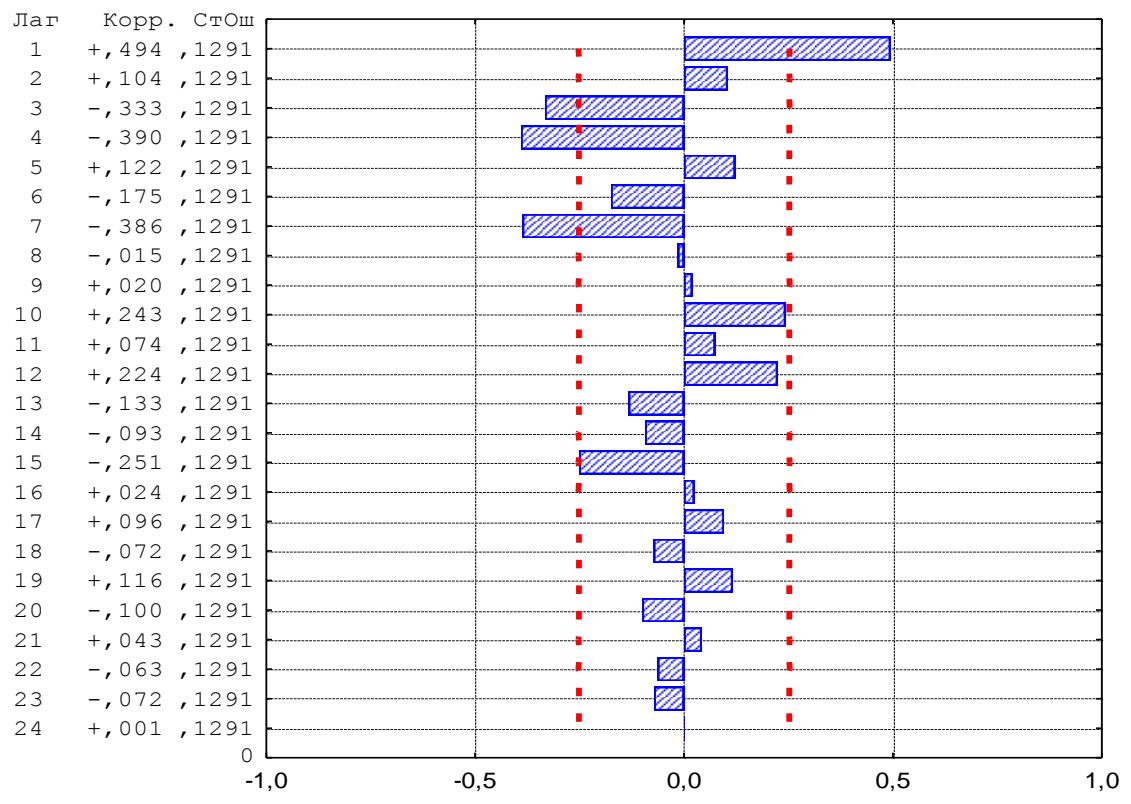


Рисунок 3.5 - График автокорреляционной функции



— · Доверительный интервал

Рисунок 3.6 - График частной автокорреляционной функции

Необходимо оценить параметры модели с помощью модуля «Анализ временных рядов и прогнозирование (АРПСС и автокорреляционные функции)» системы *STATISTICA*.

Результаты расчетов приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Определение параметров математической модели

Параметр	Значение параметра	Уровень значимости <i>p</i>
Константа	87,88841	0,000000
q (1)	-0,21392	0,000201
q (2)	-0,94958	0,000003
Q _S (1)	-0,21169	0,113766

Модель будет иметь вид

$$Y_t = 87.88841 + \varepsilon_t + 0.21392\varepsilon_{t-1} + 0.94958\varepsilon_{t-2} + 0.21169\varepsilon_{t-12}. \quad (3.2)$$

Следует отметить, что коэффициент Ω_1 статистически незначим и его можно было бы исключить из модели.

Для проверки адекватности модели необходимо исследовать её остатки. На рисунке 3.7 приведен график остатков, а на рисунке 3.8 - гистограмма остатков.

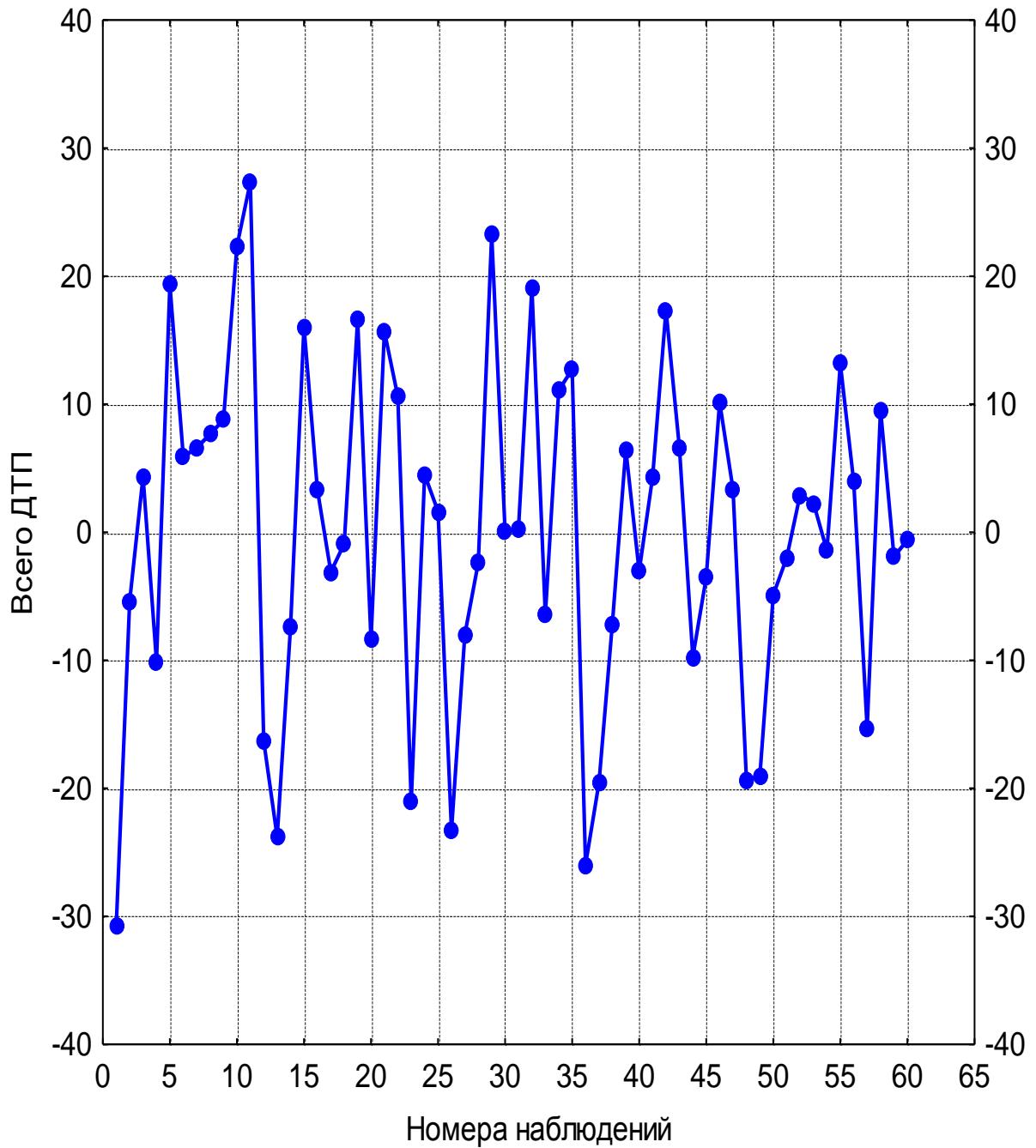


Рисунок 3.7 – График остатков

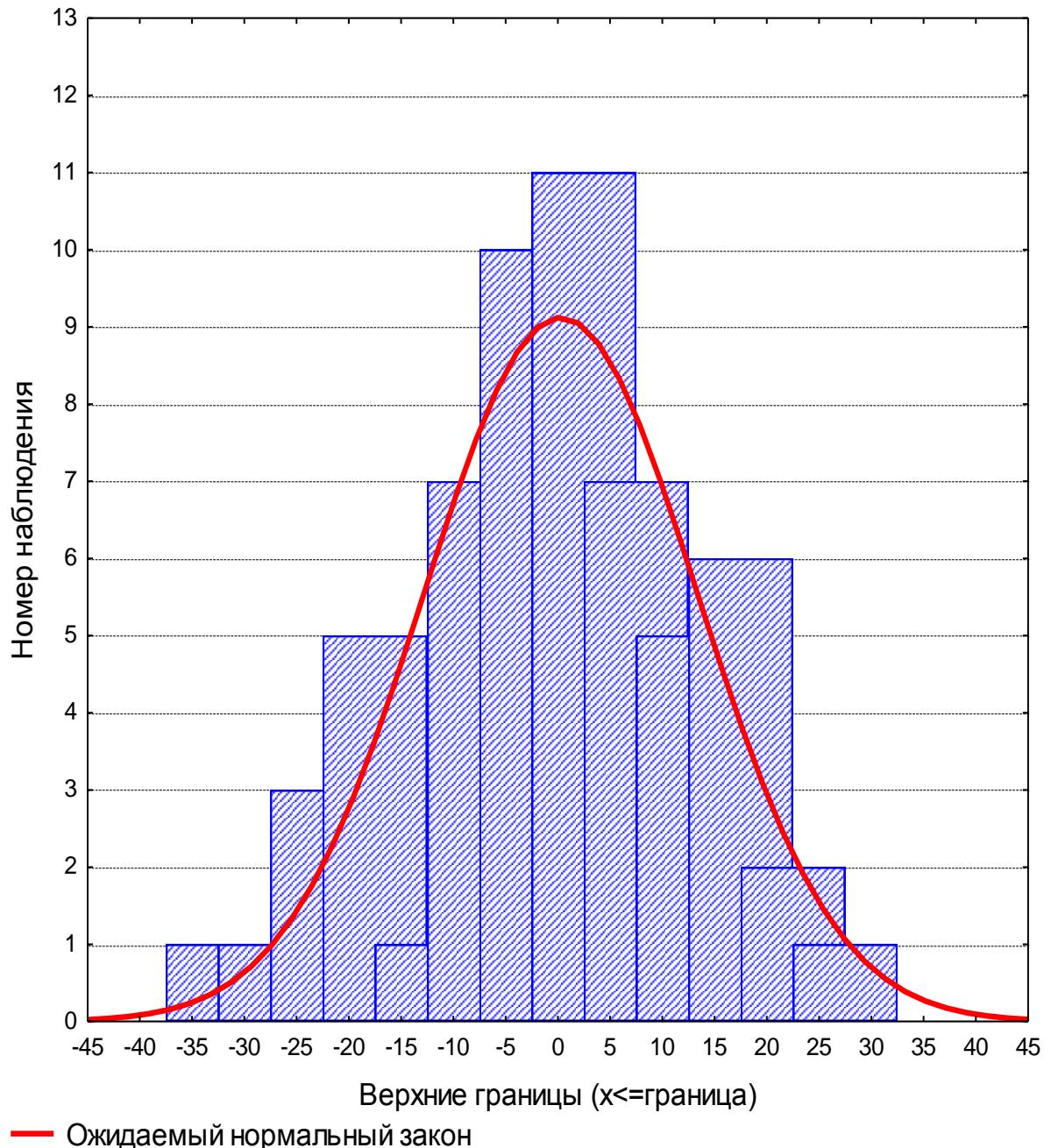


Рисунок 3.8 – Гистограмма остатков

Гистограмма остатков довольно хорошо аппроксимируется нормальным законом распределения. Этот вывод подтверждается и

нормальным вероятностным графиком, который приведен на рисунке 3.9.

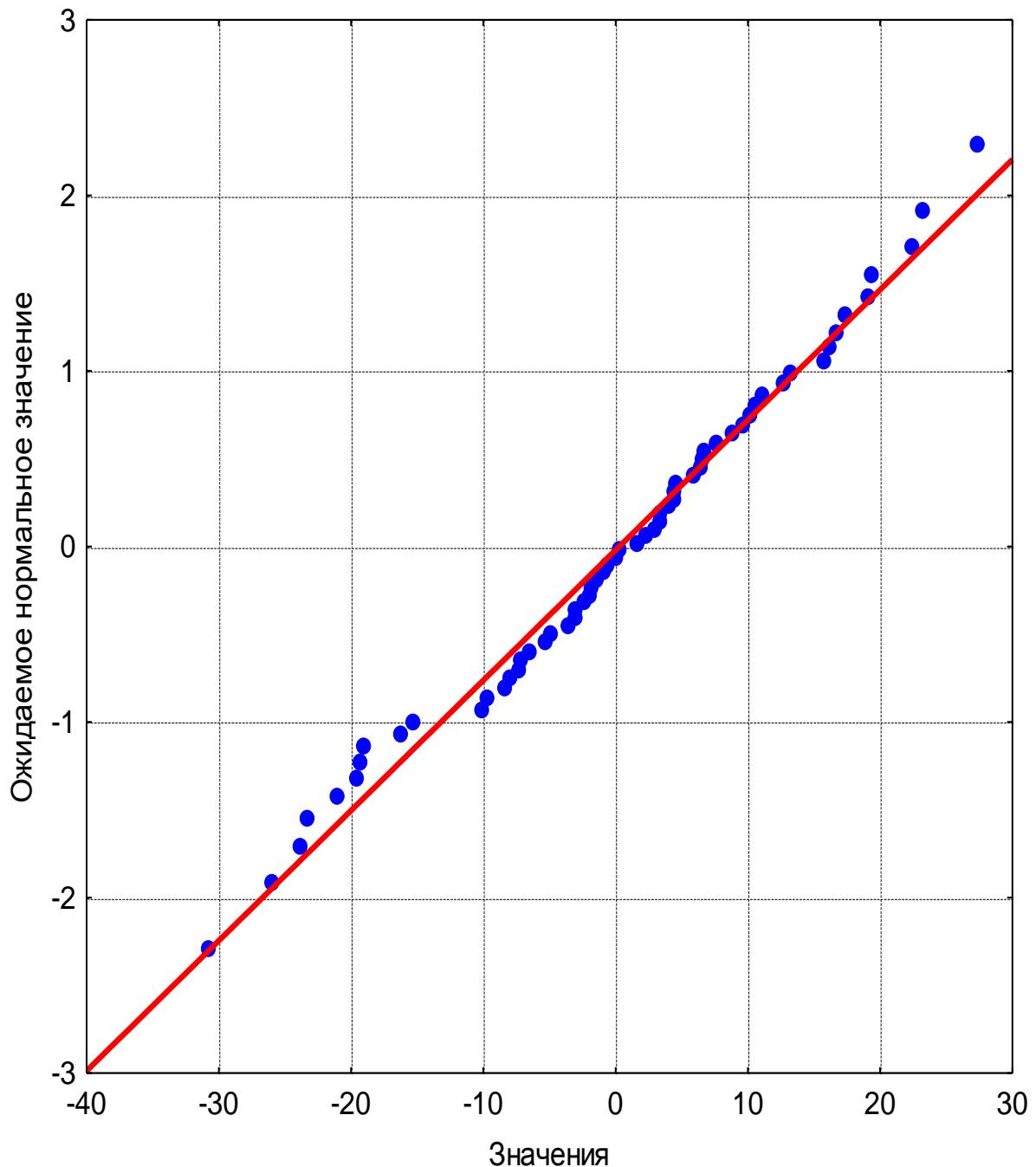


Рисунок 3.9 – Нормальный вероятностный график

График автокорреляционной функции остатков приведен на рис. 3.10.

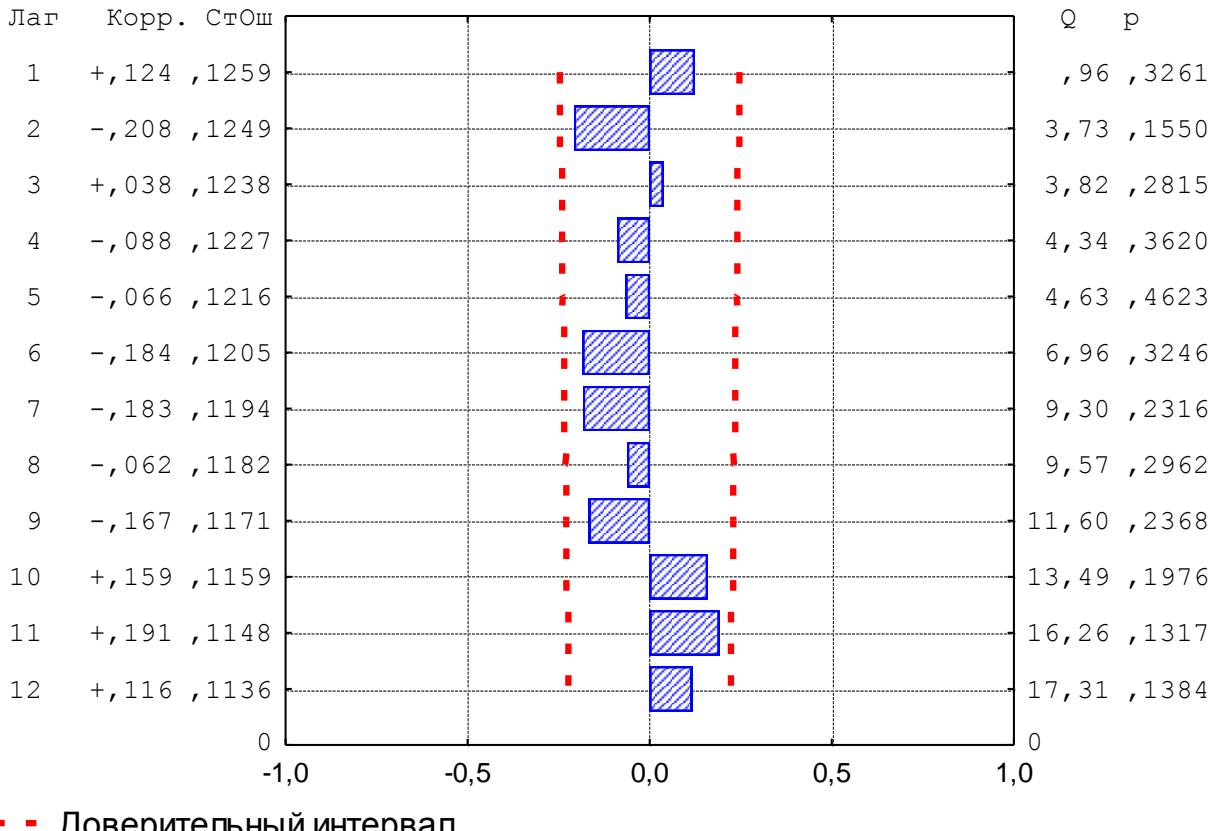


Рисунок 3.10 - График автокорреляционной функции остатков

Остатки модели представляют собой «белый шум», нет выбросов за пределы доверительного интервала.

В таблице 3.2 приведены значения коэффициентов автокорреляции остатков и величины теста Бокса-Льюнга.

Значения теста на всех сдвигах не превосходят критических значений статистики χ^2 , о чем свидетельствуют достаточно большие значения уровня значимости p .

На рисунке 3.11 приведен график частной автокорреляционной функции остатков.

Таблица 3.2 - значения коэффициентов автокорреляции остатков и величины теста Бокса-Льюнга

Лаг	Автокорреляция	Стандартная ошибка	Тест Бокса-Льюнга Q	Уровень значимости p
1	0,123662	0,125937	0,96419	0,326142
2	-0,207618	0,124866	3,72886	0,155001
3	0,037561	0,123784	3,82094	0,281479
4	-0,088402	0,122694	4,34007	0,361954
5	-0,065825	0,121593	4,63313	0,462286
6	-0,183790	0,120483	6,96011	0,324582
7	-0,182736	0,119362	9,30387	0,231611
8	-0,061550	0,118231	9,57488	0,296180
9	-0,166693	0,117088	11,60167	0,236758
10	0,159305	0,115935	13,48981	0,197619
11	0,191129	0,114770	16,26312	0,131705
12	0,116238	0,113592	17,31024	0,138365

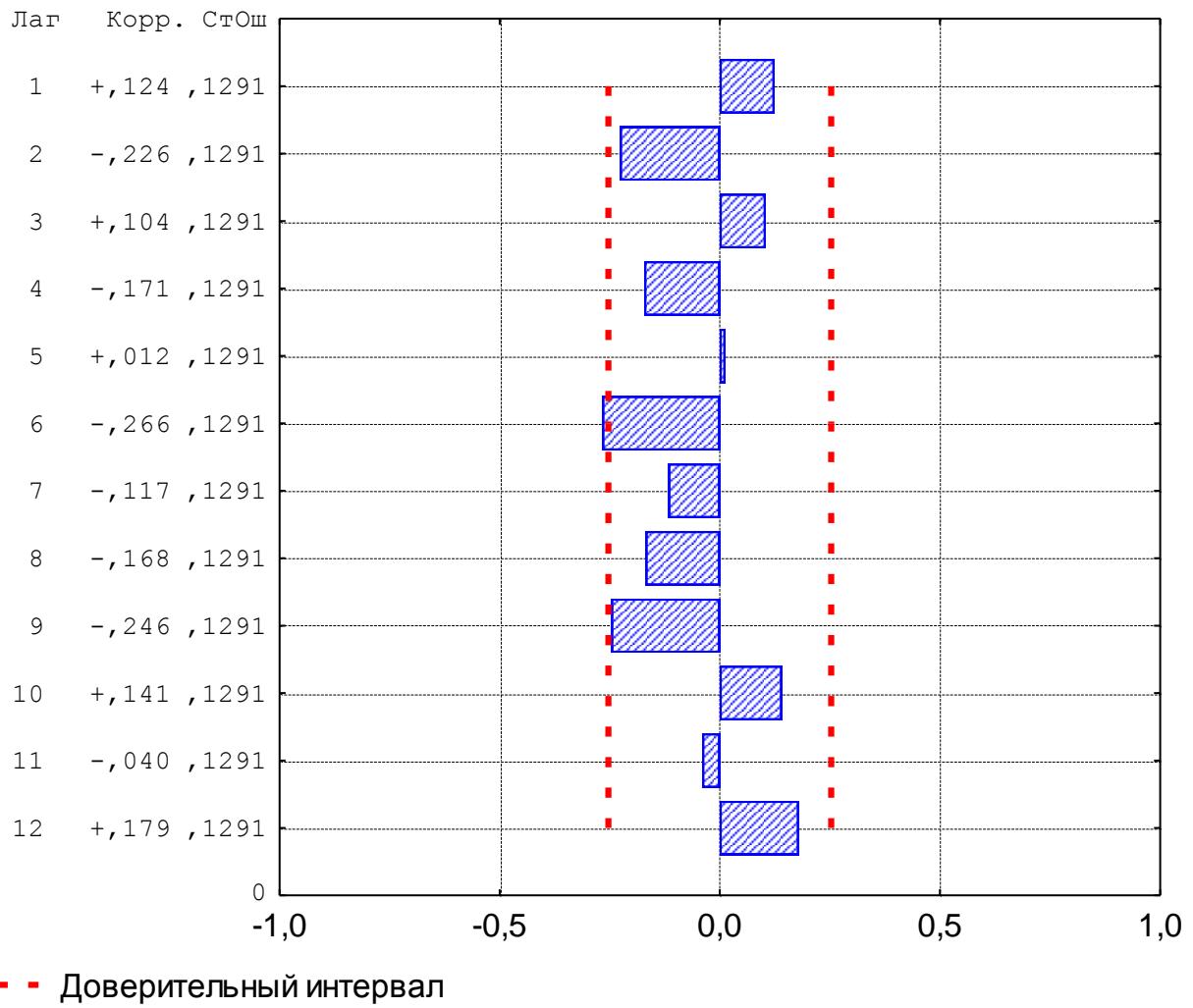


Рисунок 3.11 – График частной автокорреляционной функции остатков

Частные коэффициенты корреляции не выходят за пределы доверительного интервала.

В таблице 3.3 приведены значения частных коэффициентов корреляции остатков модели временного ряда и их стандартные ошибки.

Анализ остатков показывает, что математическая модель достаточно адекватно описывает поведение временного ряда и может быть использована для прогнозирования количества ДТП.

На рис. 3.12 приведен график исходного временного ряда с добавленными значениями прогноза на 3 месяца вперед.

В таблице 3.4 приведены прогнозные значения количества ДТП на 3 месяца вперед и доверительные интервалы.

Таблица 3.3 - Значения частных коэффициентов корреляции остатков

Лаг	Частный коэффициент корреляции	Стандартная ошибка
1	0,123662	0,129099
2	-0,226372	0,129099
3	0,103871	0,129099
4	-0,171068	0,129099
5	0,012064	0,129099
6	-0,266234	0,129099
7	-0,116605	0,129099
8	-0,168177	0,129099
9	-0,245983	0,129099
10	0,140892	0,129099
11	-0,039586	0,129099
12	0,178990	0,129099

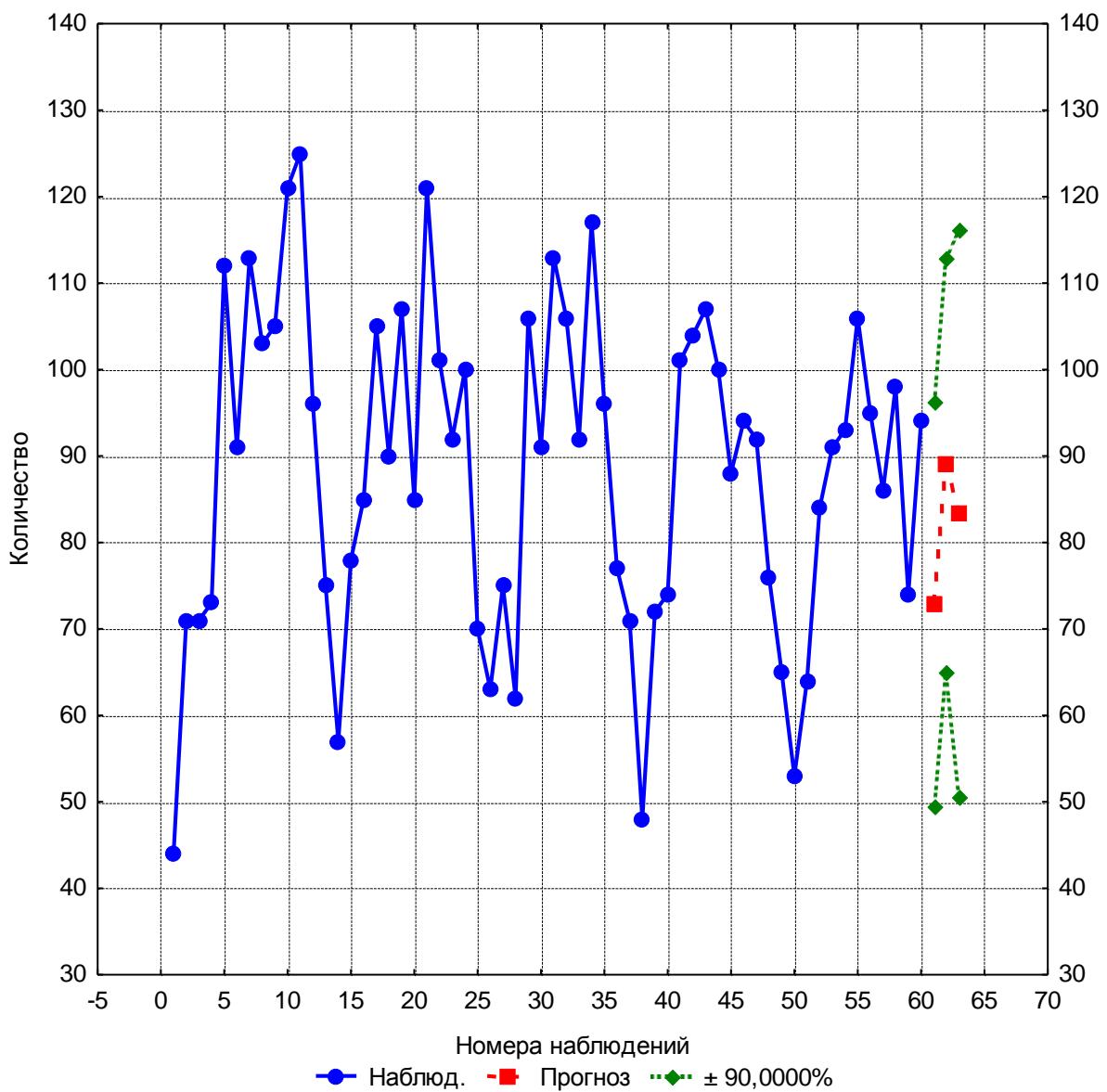


Рисунок 3.12 – График частной автокорреляционной функции остатков

Таблица 3.4 - Прогнозные значения количества ДТП

Номер наблюдения	Прогноз	Нижний предел (90%)	Верхний предел (90%)	Стандартная ошибка
61	72,88938	49,41790	96,3608	14,03358
62	88,98257	64,98006	112,9851	14,35108
63	83,43395	50,67917	116,1887	19,58406

С помощью модели АРПСС получены следующие математические модели прогноза:
для общего числа ДТП

$$\begin{aligned} Y_t^{\text{ДТП}} = & 87,88841 + \varepsilon_t + 0,21392\varepsilon_{t-1} + 0,94958\varepsilon_{t-2} + \\ & + 0,21169\varepsilon_{t-12}, \end{aligned} \quad (3.3)$$

средняя абсолютная процентная ошибка прогноза – 14,03%;
для числа погибших

$$Y_t^{\Pi} = 0,976474Y_{t-1} + \varepsilon_t - 0,705601\varepsilon_{t-1} \quad (3.4)$$

средняя абсолютная процентная ошибка прогноза – 3,22%;
для числа раненых

$$\begin{aligned} Y_t^{\text{P}} = & 106,1389 + 0,6544Y_{t-1} + \varepsilon_t - 0,4696\varepsilon_{t-1} + \\ & + 0,9432\varepsilon_{t-2} + 0,6032\varepsilon_{t-12}, \end{aligned} \quad (3.5)$$

где Y_{t-1} – предыдущее значение временного ряда, средняя абсолютная процентная ошибка прогноза – 17,52%;
для числа нарушений ПДД вида 2

$$Y_t^{\text{grp.2}} = 31,54441 + 0,31734Y_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (3.6)$$

средняя абсолютная процентная ошибка прогноза – 8,59%;
для числа нарушений ПДД вида 3

$$Y_t^{\text{grp.3}} = 17,17034 + 0,76501Y_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (3.7)$$

средняя абсолютная процентная ошибка прогноза – 6,58%.

Считается, если ошибка прогноза менее 10% - это высокая точность, если лежит в пределах от 10 до 20%, то хорошая [123].

3.3 Модель экспоненциального сглаживания

3.3.1 Модель экспоненциального сглаживания для временного ряда без сезонной составляющей

Модель экспоненциального сглаживания применяется к данным, не имеющим тренда и основывается на усреднении (сглаживании) временных рядов прошлых наблюдений в нисходящем (экспоненциально) направлении, когда более поздним событиям присваивается больший вес [25]. Для последнего наблюдения весом будет величина α , для предпоследнего – величина $(1 - \alpha)$, для того, которое было перед ним, – $(1 - \alpha)^2$, и т.д. В сглаженном виде новый прогноз (для периода времени $t + 1$) можно представить, как взвешенное среднее последнего наблюдения переменной в момент времени t и ее прежнего прогноза на этот же период t . Вес α присваивается наблюдаемому значению, а вес $(1 - \alpha)$ - прогнозу. Полагается, что $0 < \alpha < 1$.

Таким образом, прогнозируемое значение на следующий период $t + 1$ определяется по формуле [3.17]

$$\hat{Y}_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha) \hat{Y}_t, \quad (3.8)$$

где α – постоянная сглаживания;

Y_t – наблюдаемое значение переменной в текущий момент времени t ,

\hat{Y}_t – прежний сглаженный прогноз переменной на период времени t .

Уравнение можно переписать в виде

$$\hat{Y}_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha) \hat{Y}_t = \alpha Y_t + \hat{Y}_t - \alpha \hat{Y}_t = \hat{Y}_t + \alpha \varepsilon_t, \quad (3.9)$$

где ε_t - ошибка последнего прогноза.

Экспоненциальное сглаживание - это старый прогноз, скорректированный на ошибку этого прогноза с весом α .

Иллюстрация порядка подбора математической модели, полученной с помощью экспоненциального сглаживания, показана далее на примере группы 1 нарушений ПДД (см. таблицу 2.1, с.53), предшествующих возникновению ДТП.

На основании статистических данных (таблица *Приложения Д*) составлен временной ряд числа нарушений ПДД группы 1 за каждый месяц (60 наблюдений), график временного ряда приведен на рисунке 3.13.

Внешний вид графика дает основания предполагать, что ряд нестационарный. Для подтверждения необходимо построить графики автокорреляционной и частной автокорреляционной функций (рисунки 3.14, 3.15).

Анализ графиков автокорреляционной функции и частной автокорреляционной функции подтверждает, что ряд нестационарный (есть выбросы коэффициентов автокорреляции и частной автокорреляции за пределы доверительного интервала).

Для приведения нестационарного ряда к стационарному необходимо удалить из временного ряда тренд [18, 171].

График временного ряда без тренда показан на рисунке 3.16.

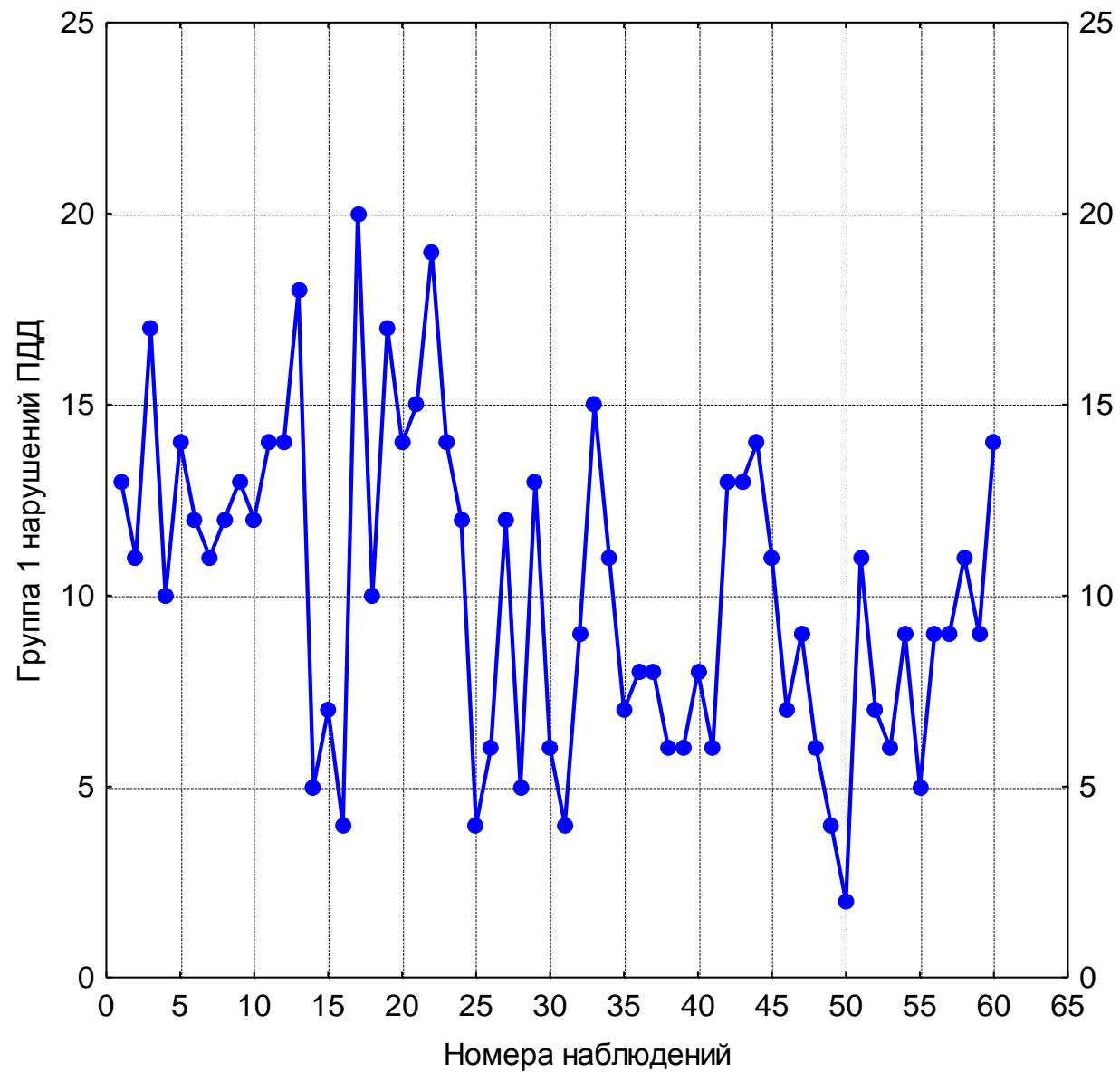


Рисунок 3.13 - График временного ряда числа нарушений ПДД группы 1

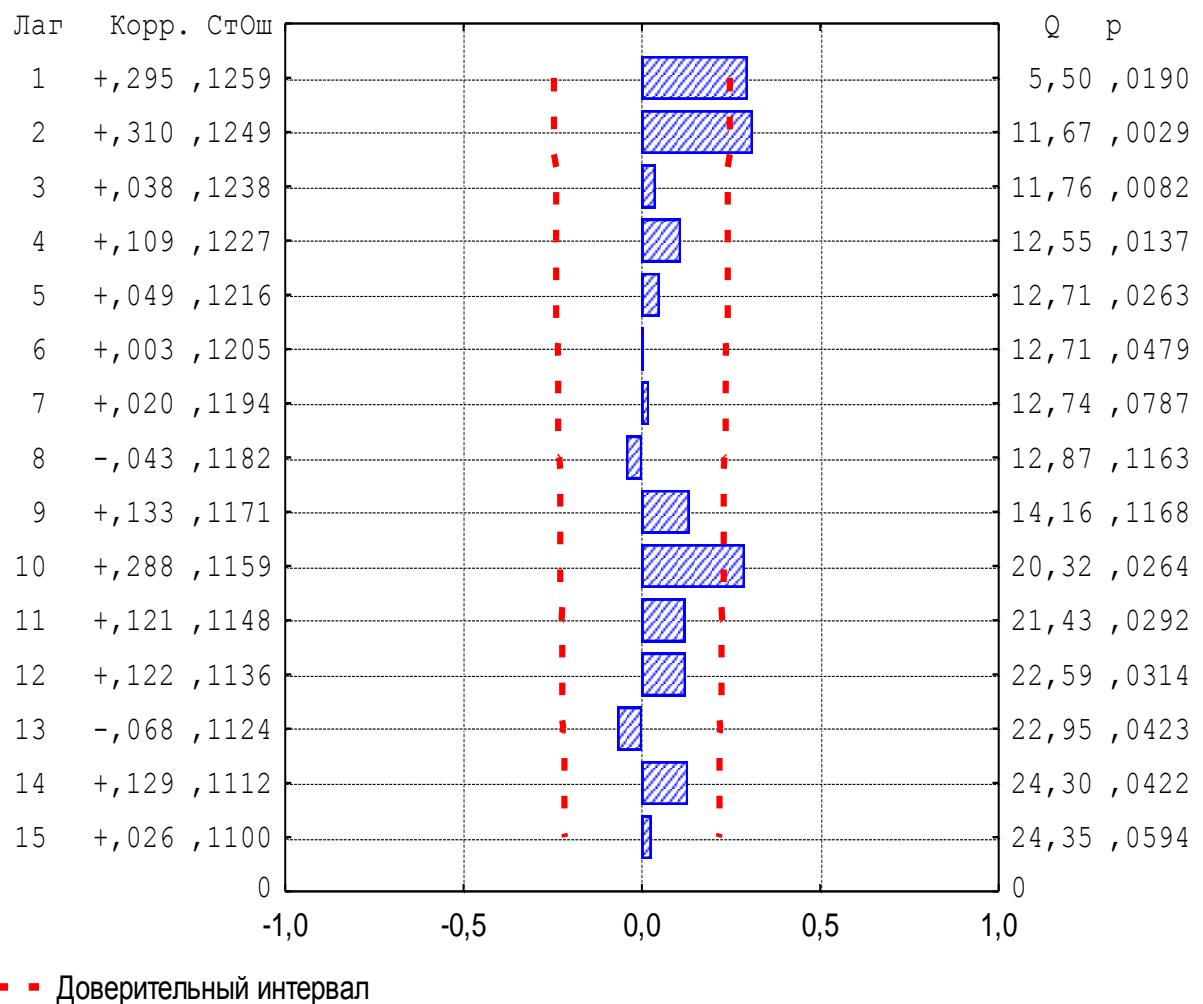


Рисунок 3.14 - График автокорреляционной функции

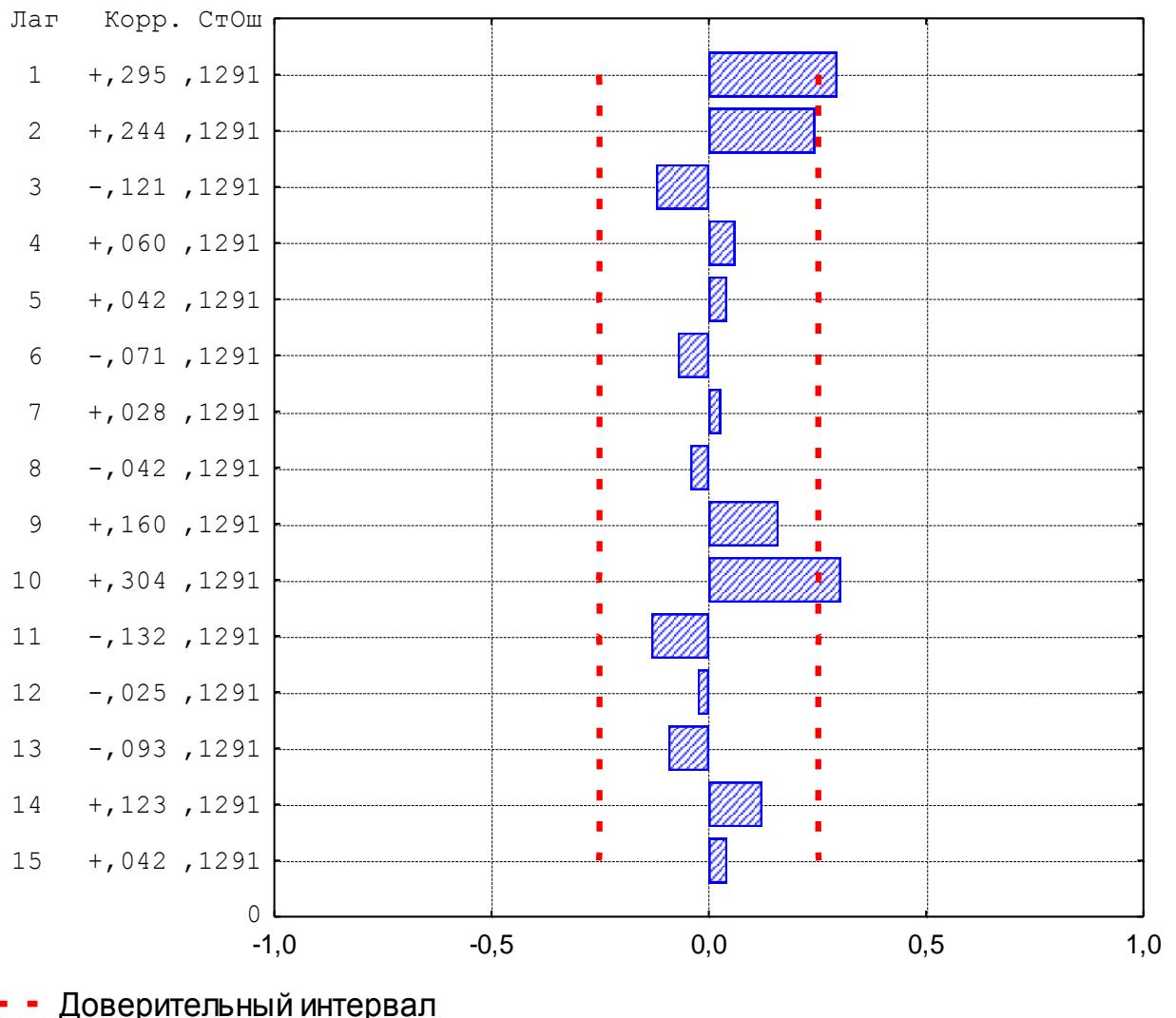


Рисунок 3.15 - График частной автокорреляционной функции

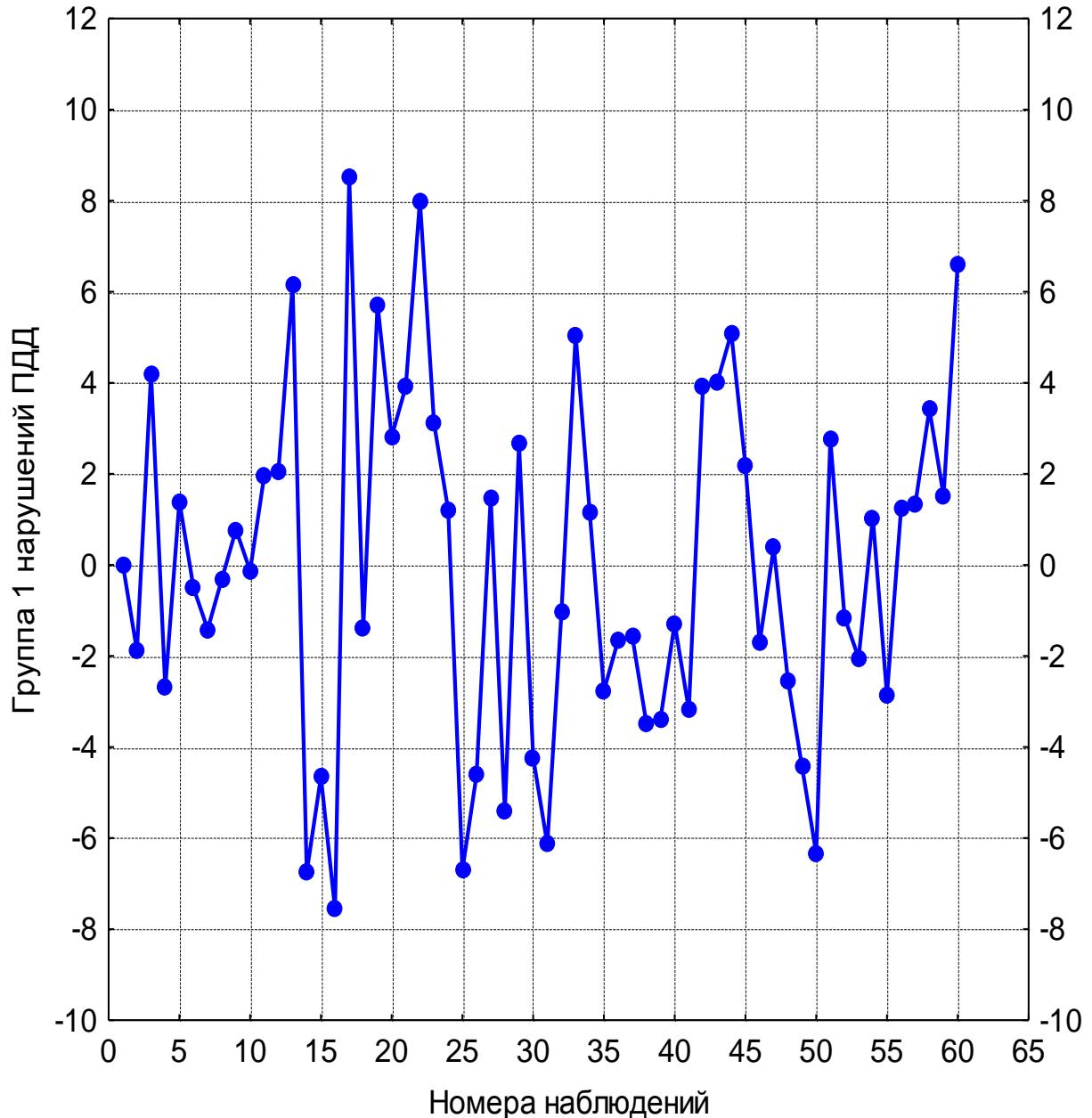


Рисунок 3.16 - График временного ряда без тренда

Уравнение тренда имеет вид

$$Y_t = 13,8 - 0,0948t. \quad (3.10)$$

Теперь структура временного ряда дает основания считать ряд стационарным. Для подтверждения необходимо построить графики

автокорреляционной и частной автокорреляционной функций преобразованного ряда (рисунки 3.17, 3.18).

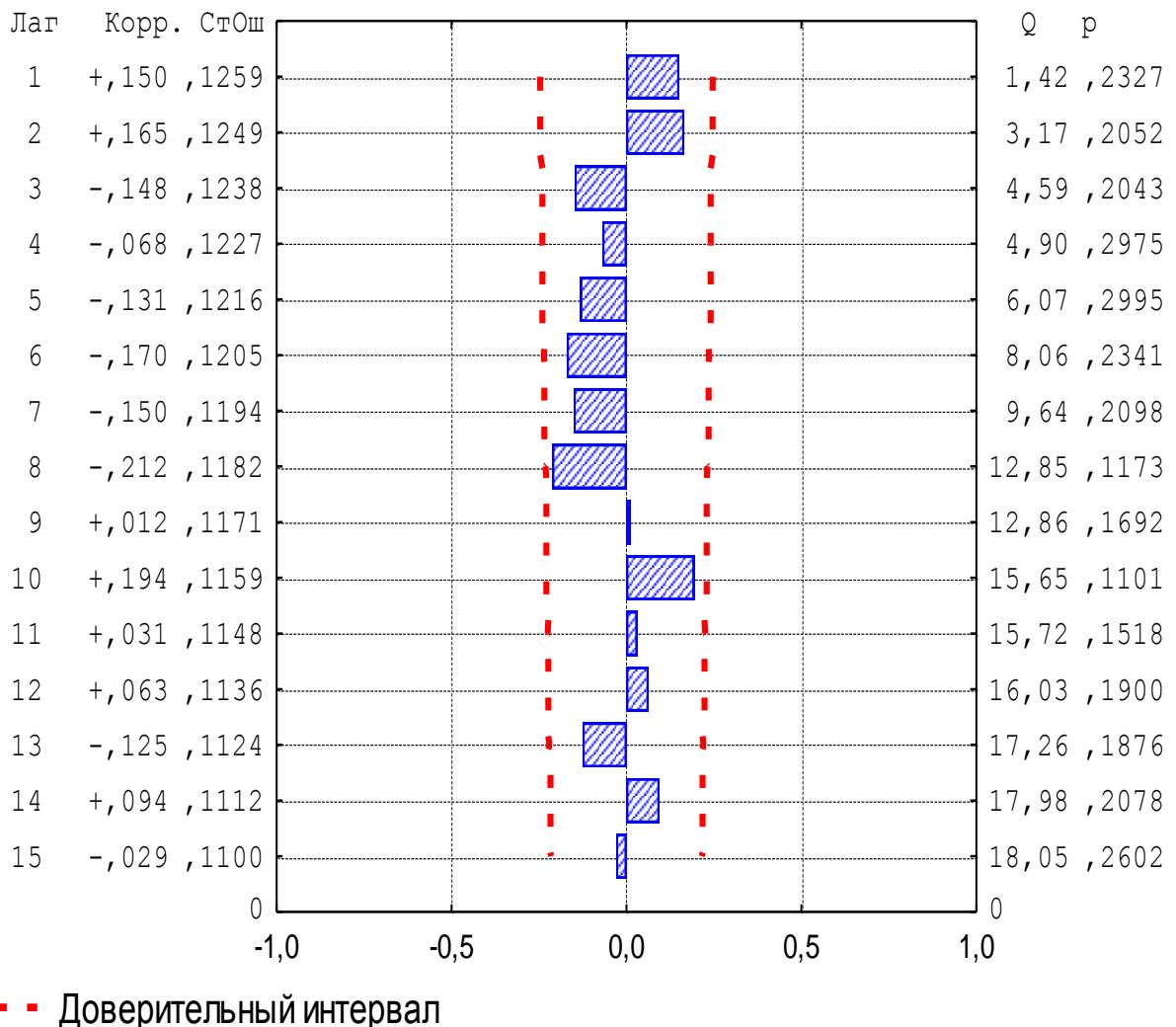


Рисунок 3.17 - График автокорреляционной функции

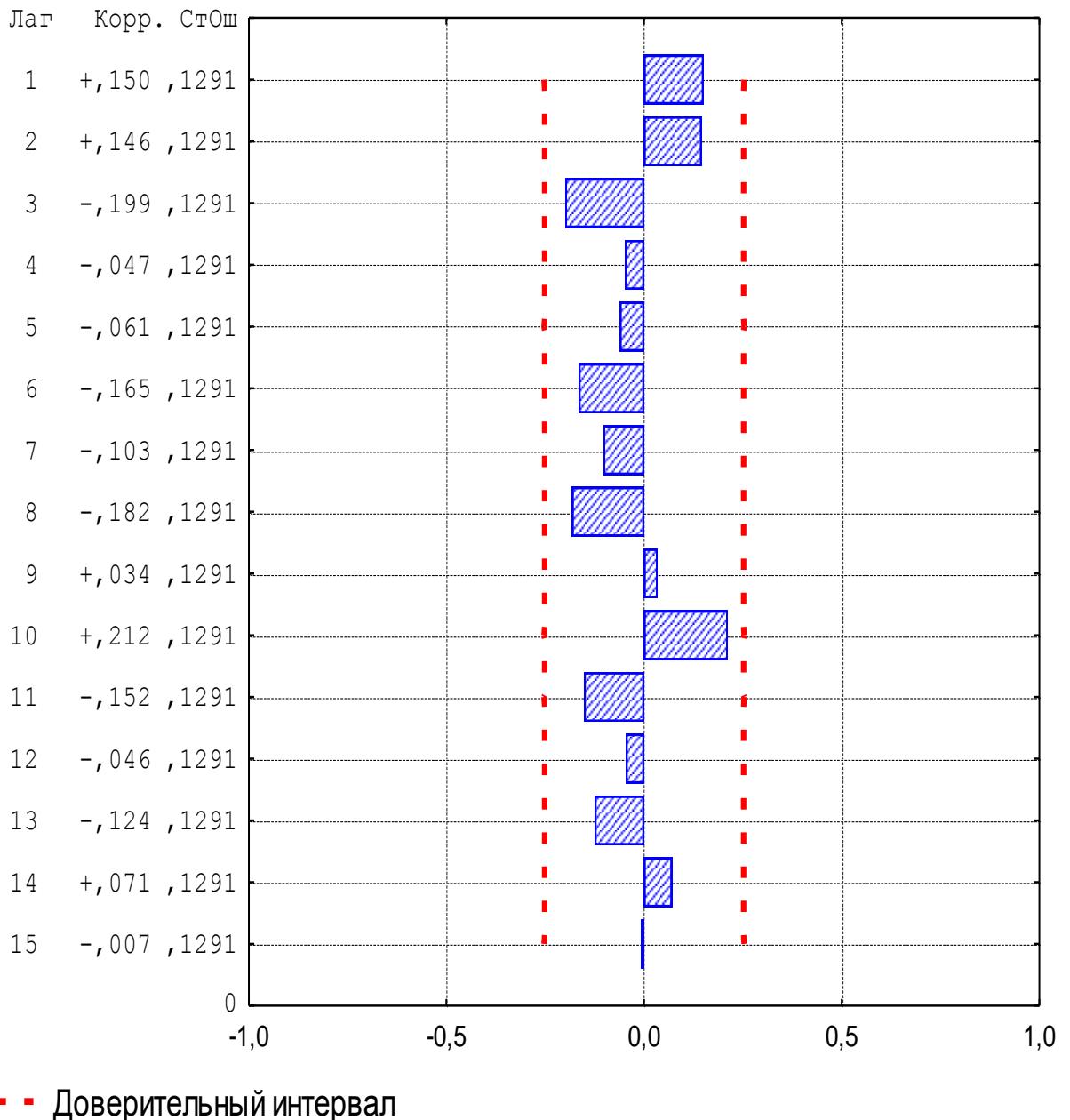


Рисунок 3.18 - График частной автокорреляционной функции

Проведем сглаживание с параметром $\alpha = 0,1$. Модель прогнозирования имеет вид

$$\hat{Y}_{t+1} = \hat{Y}_t + 0,1\varepsilon_t. \quad (3.11)$$

В таблице *Приложения Е* приведены значения анализируемой переменной, сглаженные значения и остатки (ошибки сглаживания).

Для оценки точности построенной модели прогнозирования временного ряда используется ряд показателей ошибок прогнозирования, таких как средняя ошибка, среднее абсолютное отклонение, сумма квадратов ошибки, среднеквадратическая ошибка, средняя относительная процентная ошибка, средняя абсолютная относительная ошибка [23, 123].

Средняя ошибка (Mean Error) характеризует степень смещения прогноза и определяется по формуле

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \varepsilon_t . \quad (3.12)$$

Среднее абсолютное отклонение (Mean Absolute Deviation) измеряет точность прогноза, усредняя сумму абсолютных значений ошибок

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |\varepsilon_t| . \quad (3.13)$$

Сумма квадратов ошибки (Summer Squared Error) часто используется как мера точности прогноза при сравнении различных моделей

$$SSE = \sum_{t=1}^n \varepsilon_t^2 . \quad (3.14)$$

Среднеквадратическая ошибка (Mean Squared Error) - это другой метод оценки различных моделей прогнозирования

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \varepsilon_t^2 . \quad (3.15)$$

Средняя относительная процентная ошибка (Mean Percentage Error) - еще один способ оценки смещения прогноза

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{\varepsilon_t}{Y_t} 100 . \quad (3.16)$$

Средняя абсолютная относительная ошибка в процентах (Mean Absolute Percentage) является мерой относительной точности прогноза

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|\varepsilon_t|}{Y_t} 100 . \quad (3.17)$$

«Недостатком средней ошибки (ME) является то, что положительные и отрицательные ошибки компенсируют друг друга, поэтому ME не является хорошим показателем качества прогноза. Средняя абсолютная ошибка (MAD) по сравнению со среднеквадратической ошибкой (MSE) более устойчива по отношению к выбросам. Относительные ошибки позволяют учесть тот факт, что при прогнозе, например, месячных данных, они могут достаточно сильно изменяться от месяца к месяцу (в зависимости от сезона). При расчете средней относительной ошибки (MPE) отрицательные и положительные относительные ошибки будут компенсировать друг друга. Поэтому для оценки качества прогноза (для всего ряда) лучше использовать среднюю абсолютную относительную ошибку (MAPE)» [23].

Показатель MAPE характеризует относительную точность прогноза: значения показателя менее 10 говорят о высокой точности; от 10 и до 20 – о хорошей точности; от 20 и до 50 – об

удовлетворительной точности; более 50 – о неудовлетворительной точности [123].

В таблице 3.5 приведены результаты расчетов ошибок прогнозирования.

Таблица 3.5 - Результаты расчетов ошибок прогнозирования

ИТОГОВАЯ ОЦЕНКА	ЗНАЧЕНИЕ ОШИБКИ
Средняя ошибка	0,12
Средняя абсолютная ошибка	3,13
Суммы квадратов	919,29
Средний квадрат	15,32
Средняя относительная ошибка	94,92
Средняя абсолютная относительная ошибка	9,69

Средняя ошибка (0,12) и средняя относительная процентная ошибка (94,92) свидетельствуют о некотором смещении прогноза (метод прогнозирования является последовательно недооценивающим). Среднее абсолютное отклонение (3,13) находится в допустимых пределах, а вот сумма квадратов ошибки имеет довольно большое значение (919,29). Среднеквадратичная ошибка имеет допустимое значение (15,32), а средняя абсолютная относительная ошибка в процентах достигает небольшого значения (9,69).

Эти результаты позволяют сделать вывод о достаточной точности полученных математических моделей прогнозирования.

На рисунке 3.19 приведены графики исходного ряда, сглаженного ряда и ошибок модели прогнозирования.

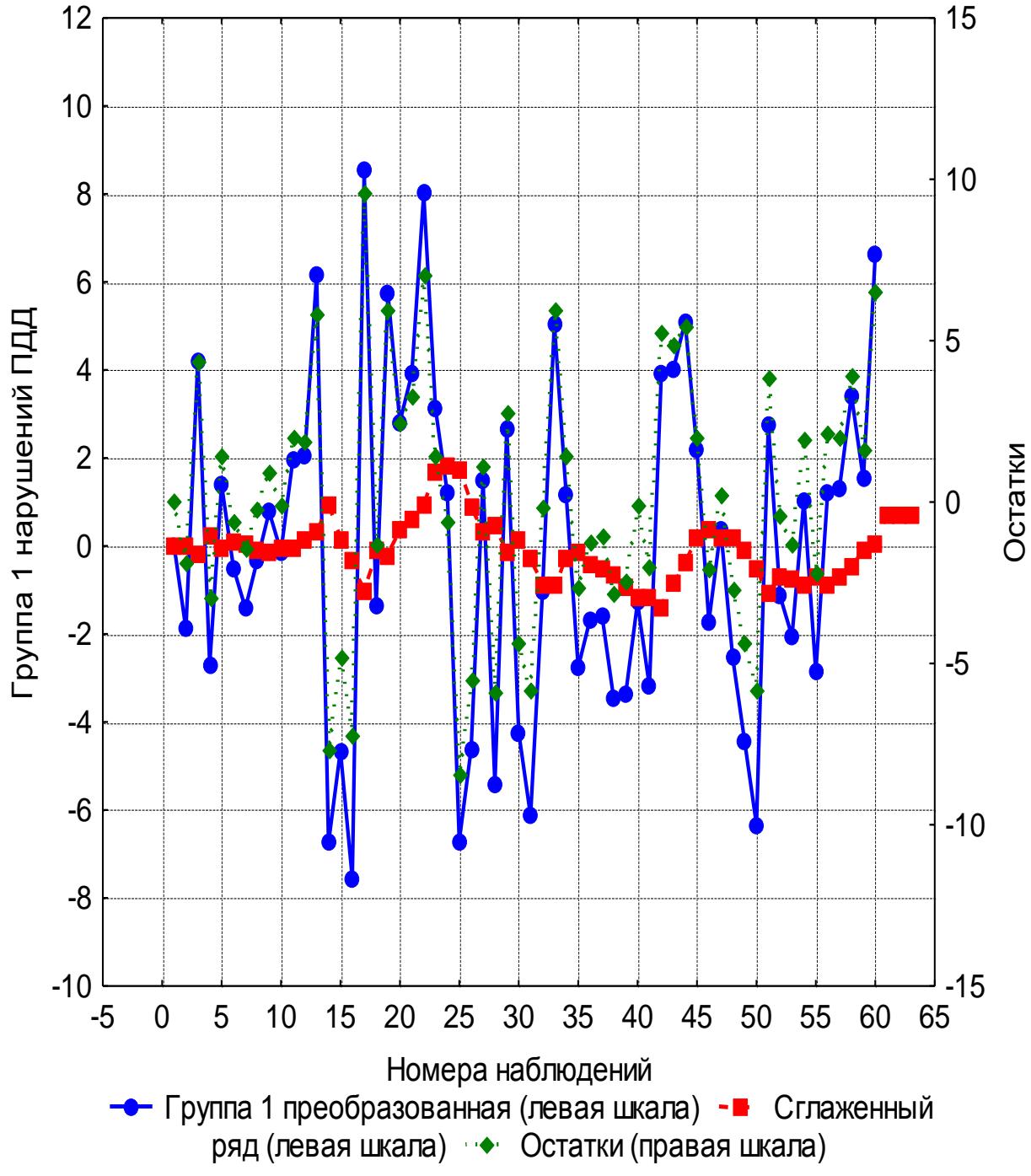


Рисунок 3.19 - Графики исходного ряда, сглаженного ряда
и ошибок модели прогнозирования

На графиках заметны довольно значительные отклонения фактических данных от модельных. Поэтому необходимо исследовать поведение остатков модели прогнозирования. На рисунке 3.20

приведен график автокорреляционной функции остатков. Как видно из рисунка, остатки укладываются в пределы доверительного интервала.

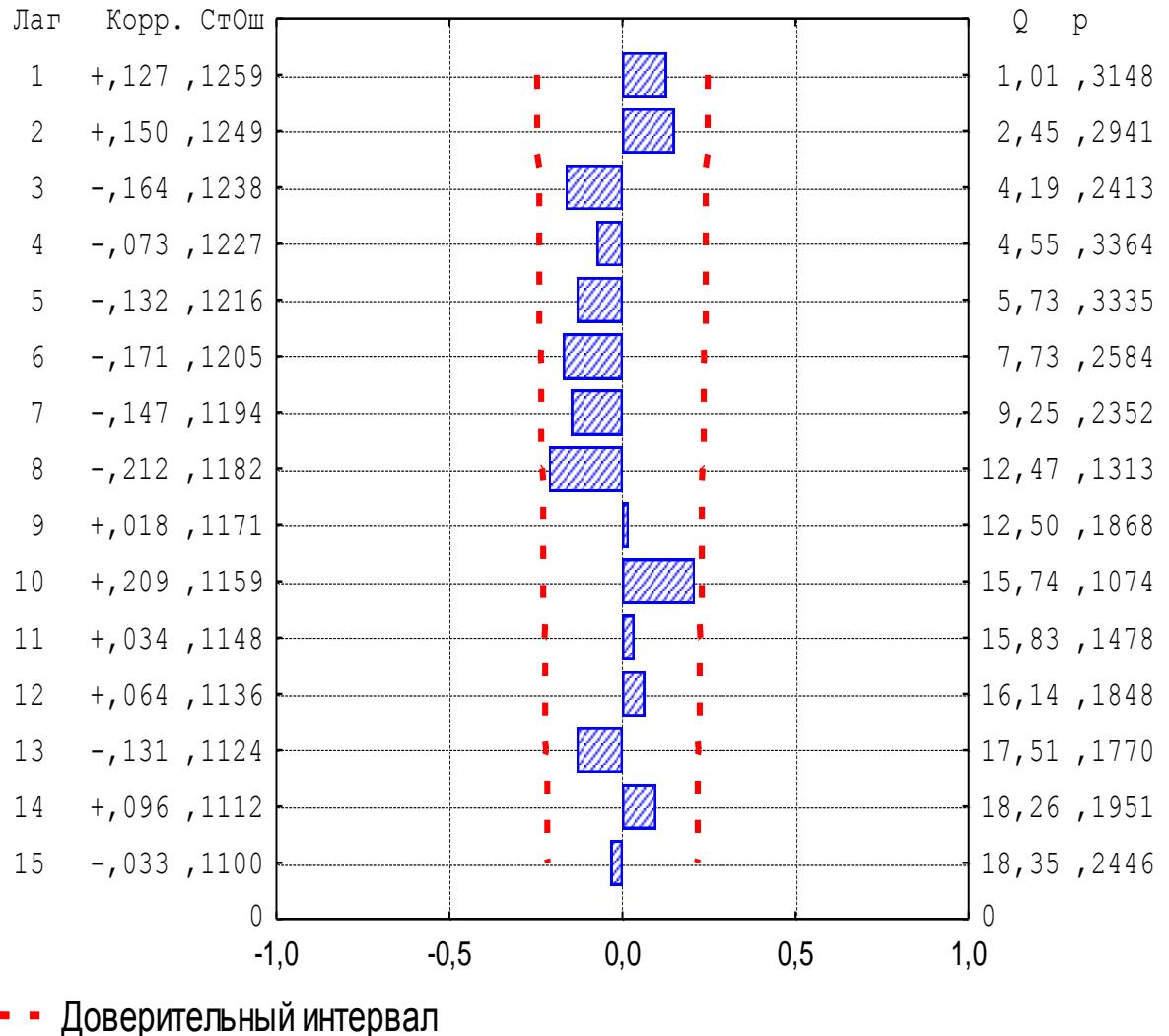


Рисунок 3.20 - График автокорреляционной функции остатков

В таблице 3.6 приведены значения автокорреляционной функции остатков, стандартные ошибки и результаты теста Бокса-Льюнга.

Таблица 3.6 - Значения автокорреляционной функции остатков,
стандартные ошибки и результаты теста Бокса-Льюнга

Лаг	Автокорреляция	Стандартная ошибка	Тест Бокса-Льюнга Q	Уровень значимости p
1	0,126582	0,125937	1,01027	0,314846
2	0,149719	0,124866	2,44797	0,294069
3	-0,163575	0,123784	4,19420	0,241264
4	-0,073431	0,122694	4,55239	0,336402
5	-0,131887	0,121593	5,72887	0,333527
6	-0,170555	0,120483	7,73278	0,258377
7	-0,147057	0,119362	9,25067	0,235199
8	-0,212284	0,118231	12,47452	0,131304
9	0,017576	0,117088	12,49705	0,186770
10	0,208783	0,115935	15,74019	0,107373
11	0,033761	0,114770	15,82672	0,147752
12	0,063965	0,113592	16,14382	0,184807
13	-0,131471	0,112403	17,51188	0,177022
14	0,096373	0,111201	18,26298	0,195142
15	-0,032964	0,109985	18,35281	0,244649

Для ошибок модели прогноза **Q**-статистика имеет χ^2 - распределение с числом степеней свободы, равным *t*, минус число

оцениваемых в модели параметров (m - число запаздываний, для которого выполняется проверка) [123]

$$Q = n(n+2) \sum_{k=1}^m \frac{r_k^2}{n-k} , \quad (3.18)$$

где n - количество остатков;

k - время запаздывания;

r_k - выборочная функция автокорреляции ошибок для запаздывания на k периодов.

Небольшие значения теста Бокса-Льюнга на всех шагах свидетельствуют о том, что модель прогнозирования достаточно хорошо описывает временной ряд.

На рисунке 3.21 приведен график частной автокорреляционной функции остатков.

Ни на одном шаге не имеется выбросов частного коэффициента автокорреляции за пределы доверительного интервала. Это свидетельствует о достаточной точности модели прогнозирования.

В таблице 3.7 приведены значения частной автокорреляционной функции и стандартные ошибки. Значимых значений частного коэффициента автокорреляции нет.

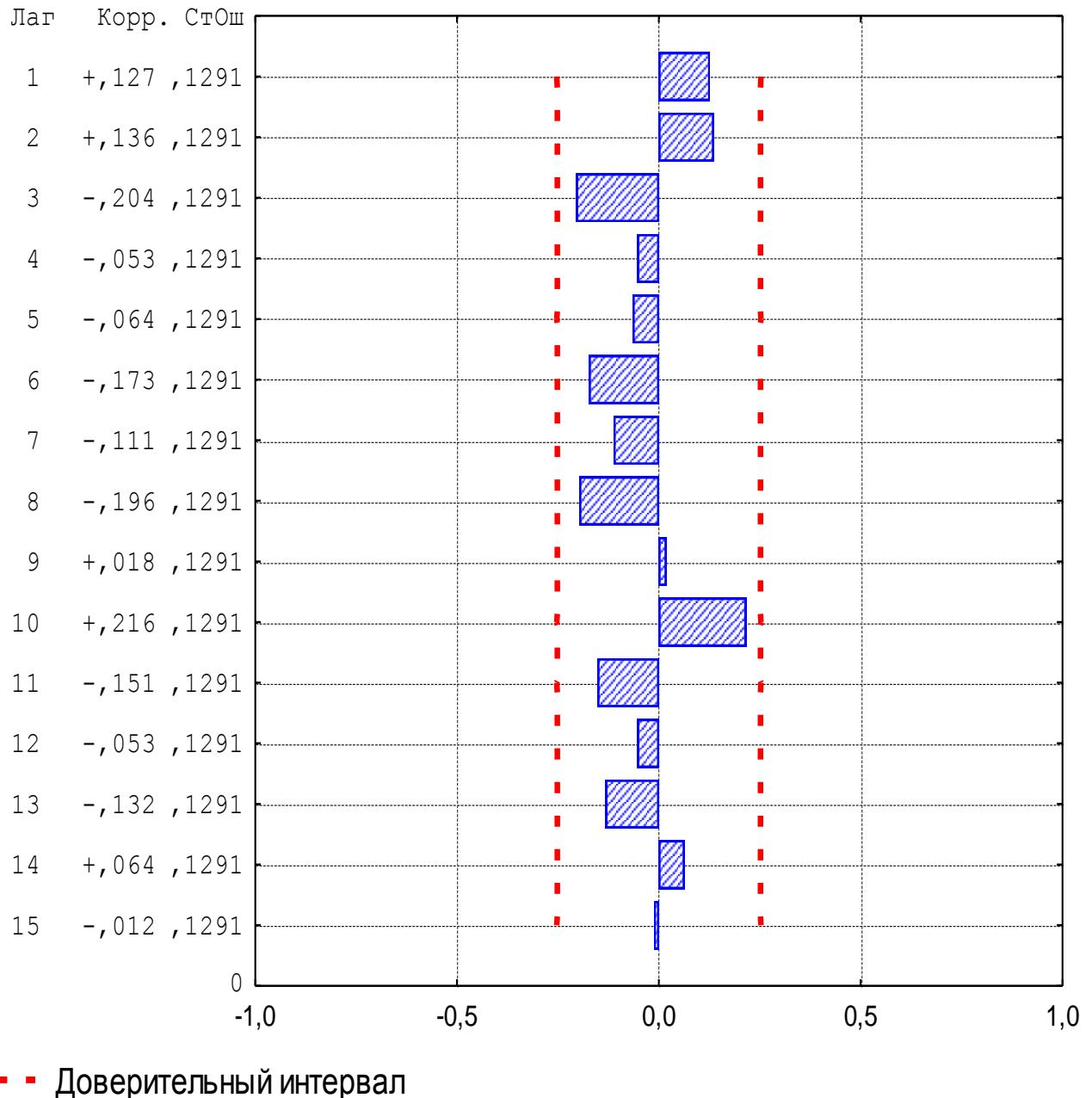


Рисунок 3.21 - График частной автокорреляционной функции остатков

Таблица 3.6 - Значения частной автокорреляционной функции
остатков и стандартные ошибки

Лаг	Частная автокорреляция	Стандартная ошибка
1	0,126582	0,129099
2	0,135873	0,129099
3	-0,204129	0,129099
4	-0,052777	0,129099
5	-0,064147	0,129099
6	-0,172637	0,129099
7	-0,111469	0,129099
8	-0,196415	0,129099
9	0,018460	0,129099
10	0,216309	0,129099
11	-0,151261	0,129099
12	-0,052789	0,129099
13	-0,131635	0,129099
14	0,063512	0,129099
15	-0,011846	0,129099

На рисунке 3.22 приведен график остатков временного ряда.

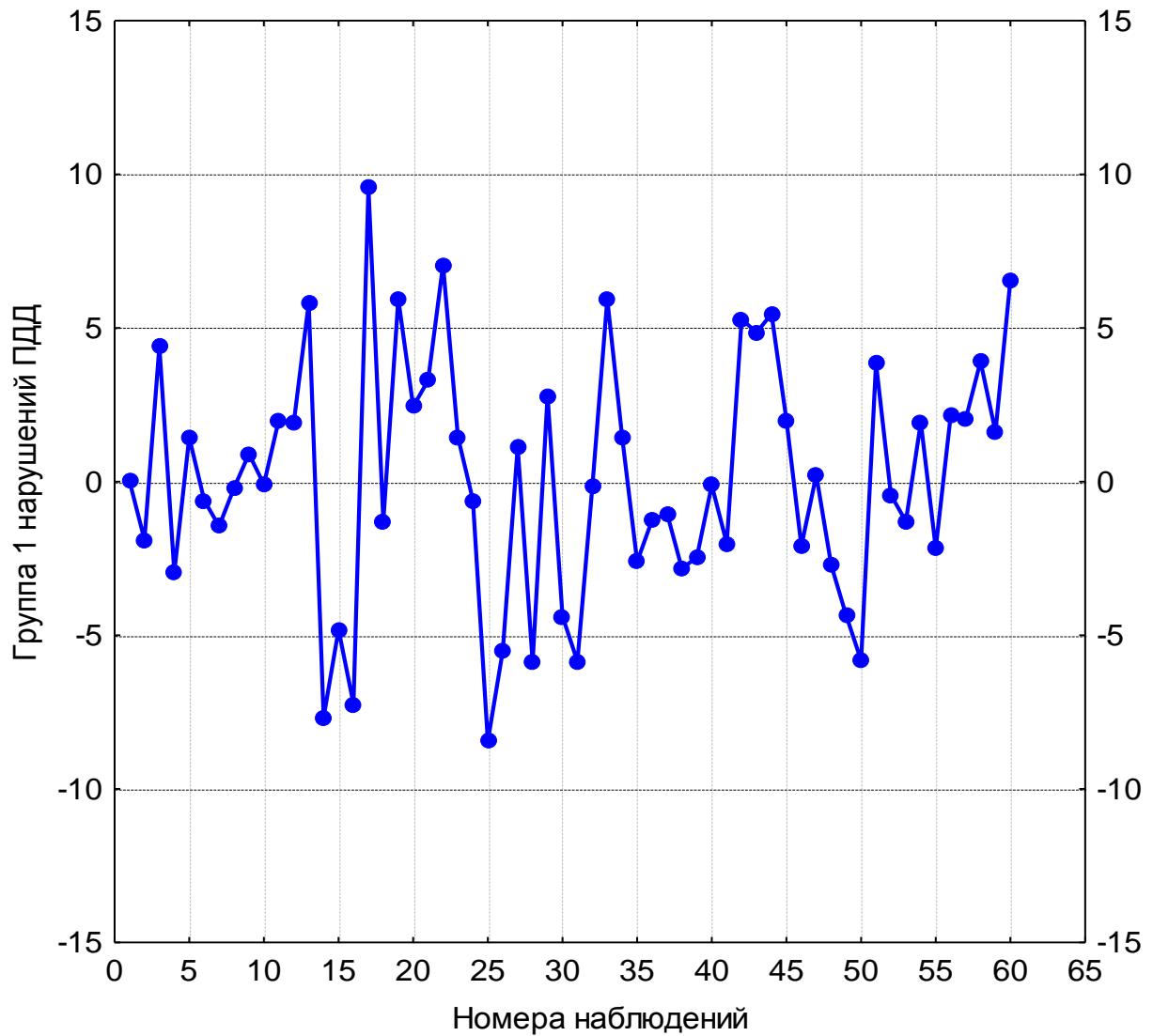


Рисунок 3.22 - График остатков временного ряда

На рисунке 3.23 приведена гистограмма остатков временного ряда.

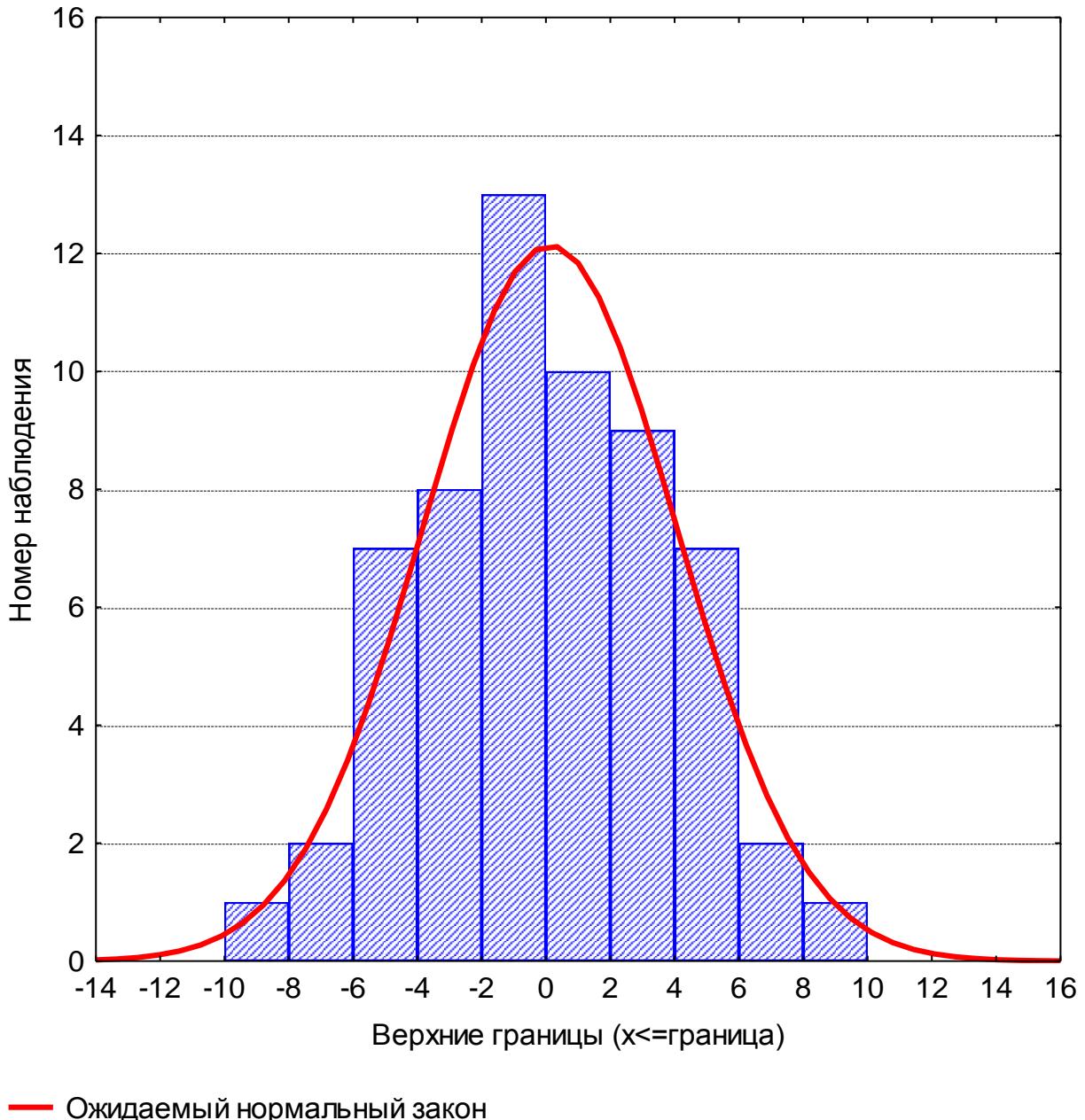


Рисунок 3.23 - Гистограмма остатков временного ряда

Распределение остатков является нормальным. Это также свидетельствует о независимости остатков.

На рисунке 3.24 приведен нормальный вероятностный график остатков модели.

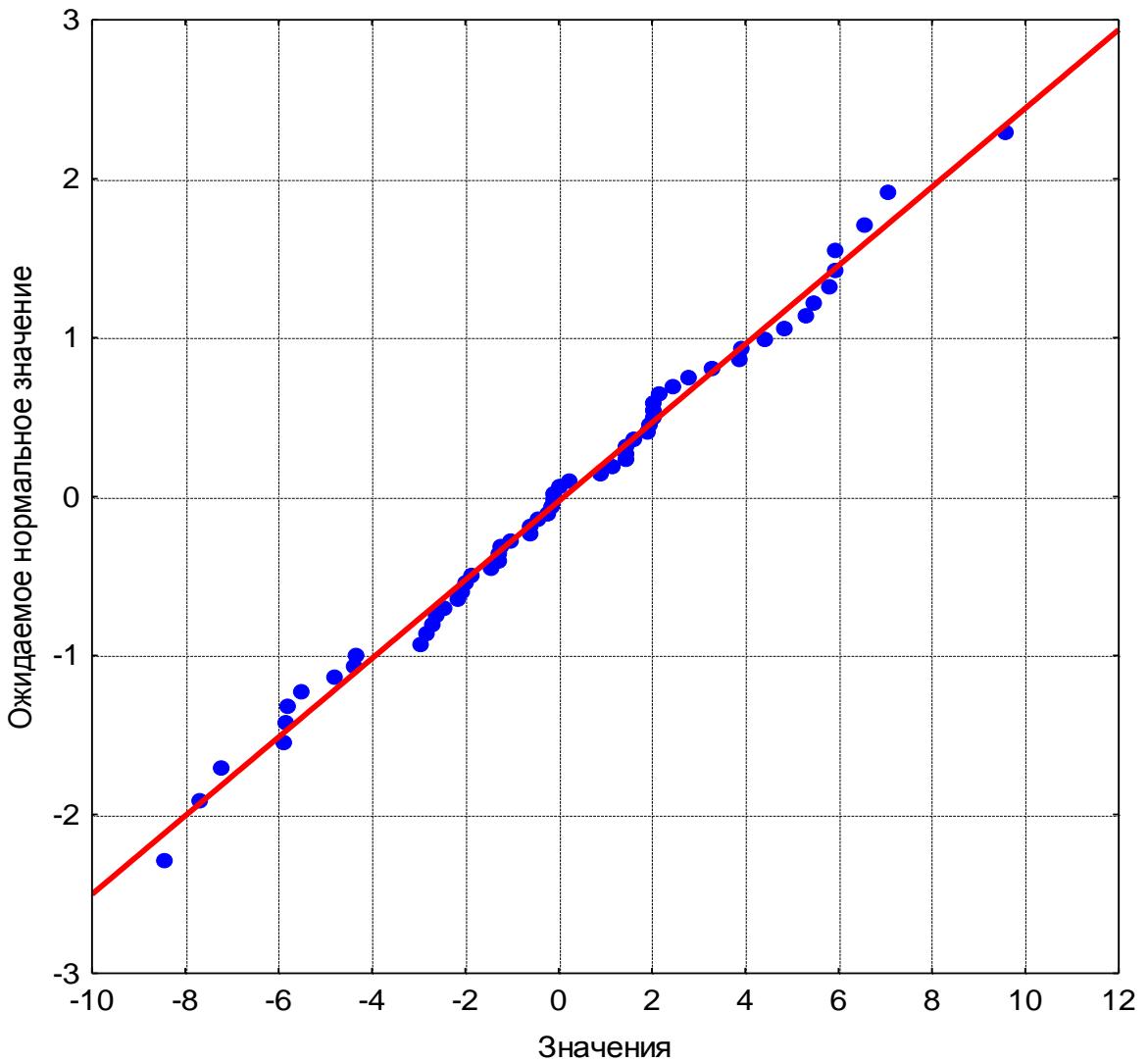


Рисунок 3.24 - График автокорреляционной функции остатков

Значительных выбросов (отклонений от красной линии нормального закона) не имеется ни на одном шаге.

Прогнозные значения числа нарушений ПДД вида 1 теперь определяются суммированием прогнозных сглаженных значений и значений, полученных на тот же момент времени по уравнению тренда (3.10)

$$Y_{61} = 0,71781 + 13,08 - 0,0948 * 61 = 8,01501;$$

$$Y_{62} = 0,71781 + 13,08 - 0,0948 * 62 = 7,92021;$$

$$Y_{63} = 0,71781 + 13,08 - 0,0948 * 63 = 7,82541.$$

С помощью экспоненциального сглаживания получены следующие математические модели прогноза:
для числа нарушений ПДД вида 1

$$\hat{Y}_{t+1}^{\text{grp.1}} = \hat{Y}_t + 0,1\varepsilon_t, \quad (3.19)$$

для числа нарушений ПДД вида 5

$$\hat{Y}_{t+1}^{\text{grp.5}} = \hat{Y}_t + 0,9\varepsilon_t, \quad (3.20)$$

Значения величин ошибок подтверждают достаточную точности полученных математических моделей прогнозирования.

3.3.2 Модель экспоненциального сглаживания для временного ряда с сезонными мультипликативными составляющими

Так как во временном ряде нарушений ПДД вида 4 прослеживаются сезонные мультипликативные колебания, необходимо применить модель Винтерса с тремя параметрами α , δ и y , которая применяется к данным, имеющим сезонно-мультипликативный тренд [107, 194].

Для построения модели временного ряда использован модуль «Экспоненциальное сглаживание и прогноз» в системе *STATISTICA*.

На основании статистических данных (таблица приложения 3.1) составлен временной ряд числа нарушений ПДД группы 4 за каждый месяц (60 наблюдений), график временного ряда приведен на рисунке 3.25.

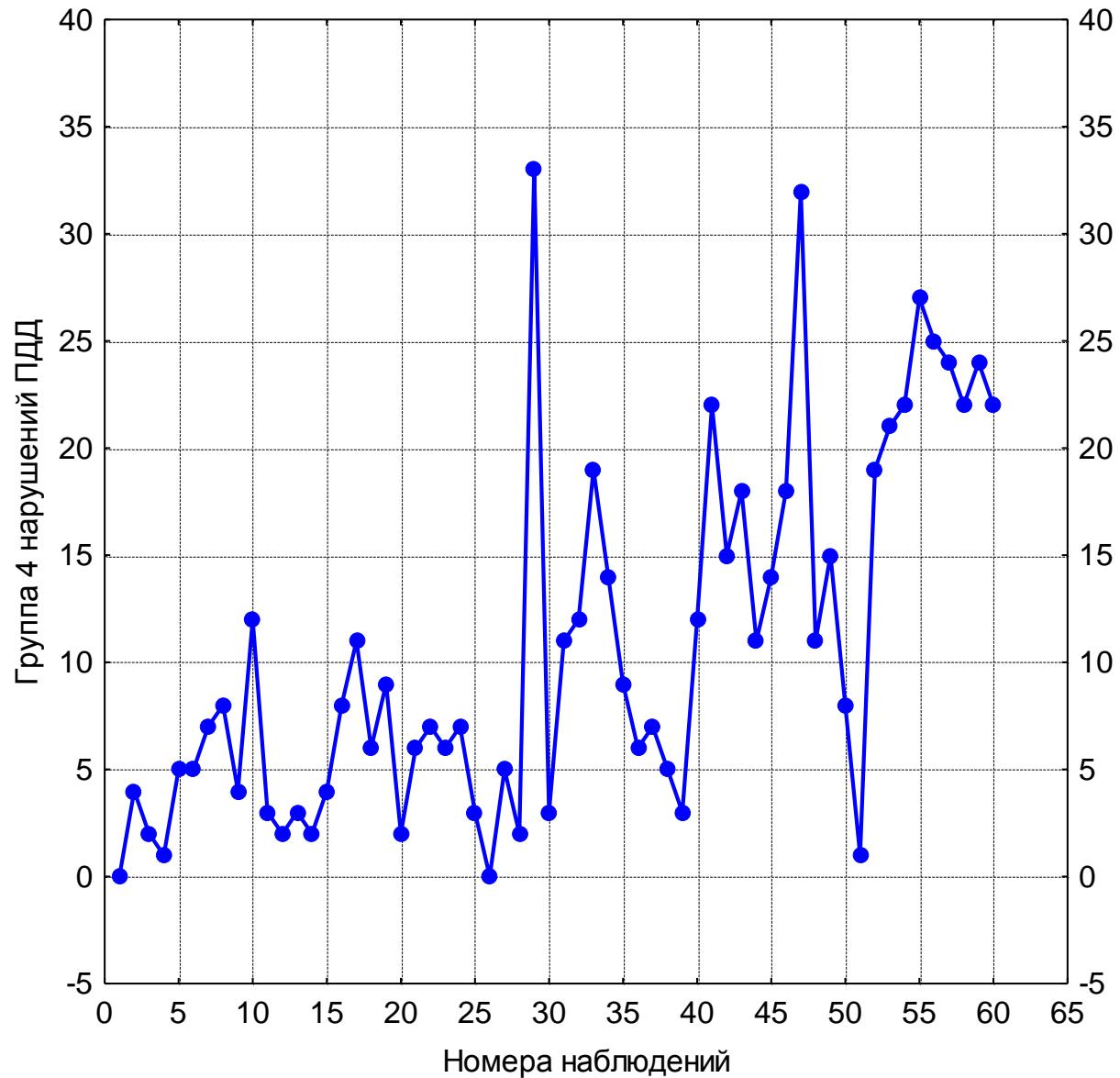


Рисунок 3.25 - График временного ряда числа нарушений ПДД группы 4

Внешний вид графика дает основания предполагать, что ряд нестационарный. Для подтверждения необходимо построить графики автокорреляционной и частной автокорреляционной функций (рисунки 3.26 и 3.27).

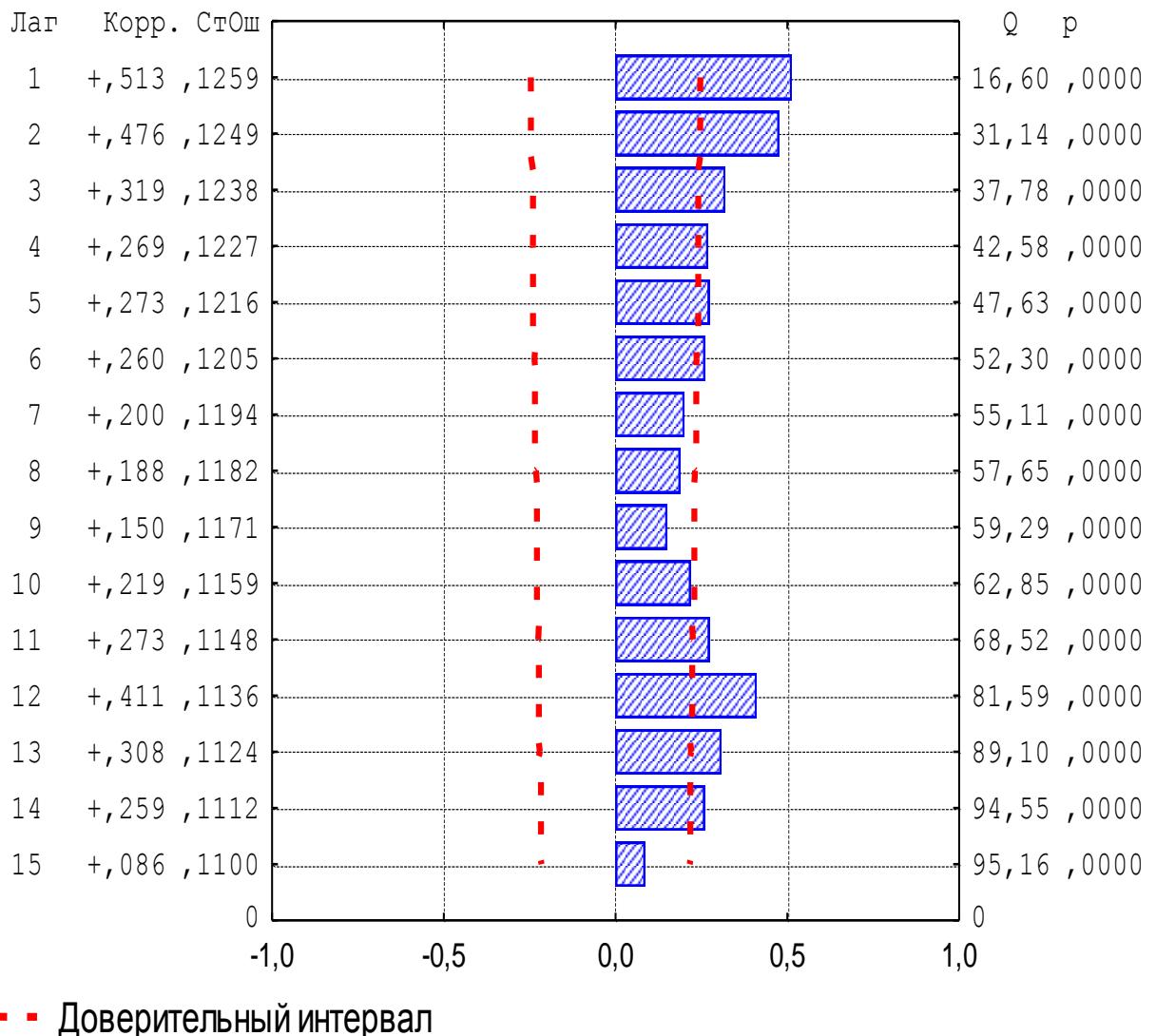


Рисунок 3.26 - График автокорреляционной функции

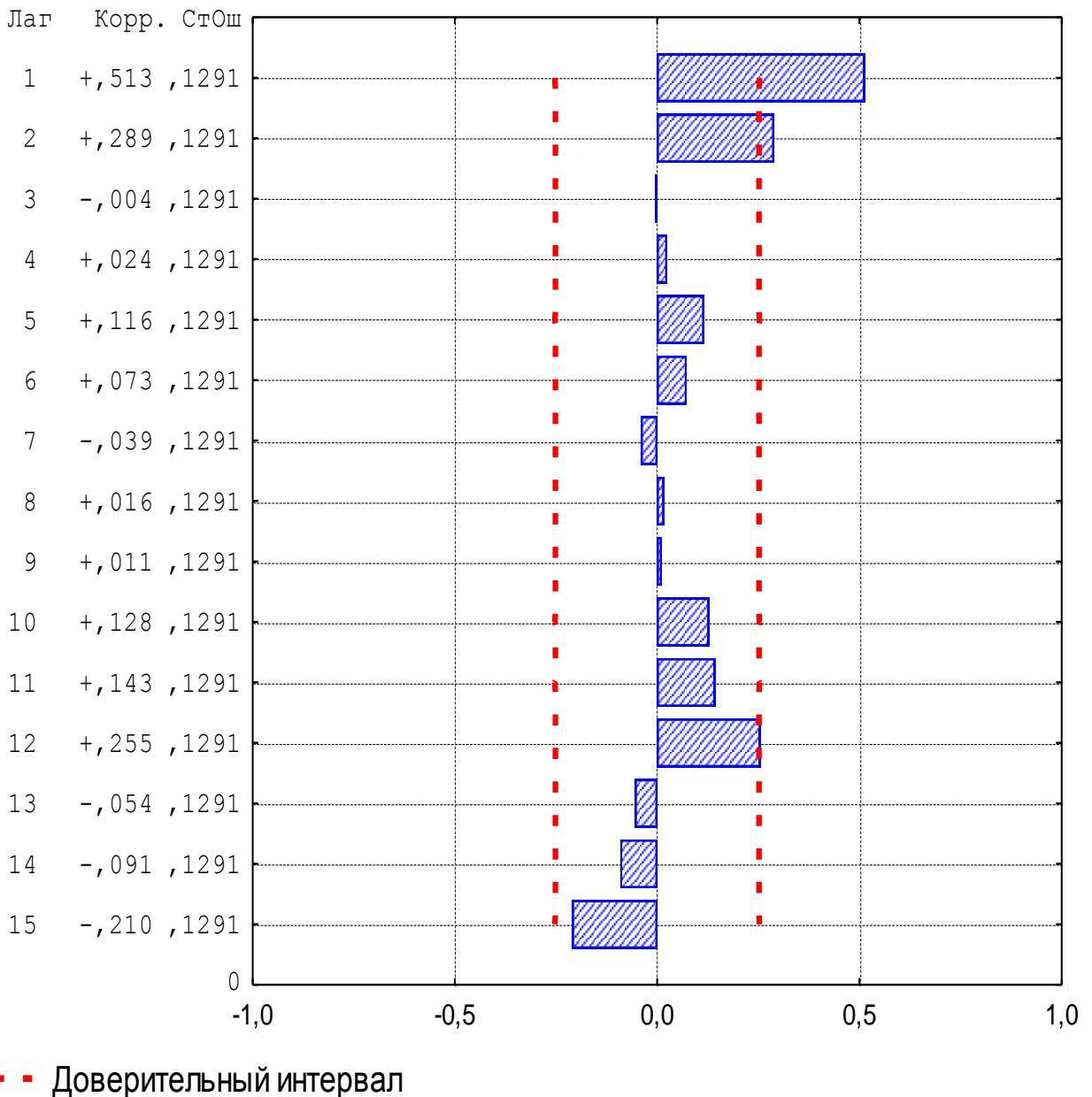


Рисунок 3.27 - График частной автокорреляционной функции

Есть все основания предполагать, что ряд нестационарный (есть выбросы коэффициентов автокорреляции и частной автокорреляции за пределы доверительного интервала).

Закон изменения близок к линейному, поэтому целесообразно использовать преобразование «взятие конечных разностей» [194]

$$x_t = \Delta y_t = y_t - y_{t-1}, \quad (3.21)$$

где Δy_t – первая разность.

График временного ряда без тренда приведен на рисунке 3.28.

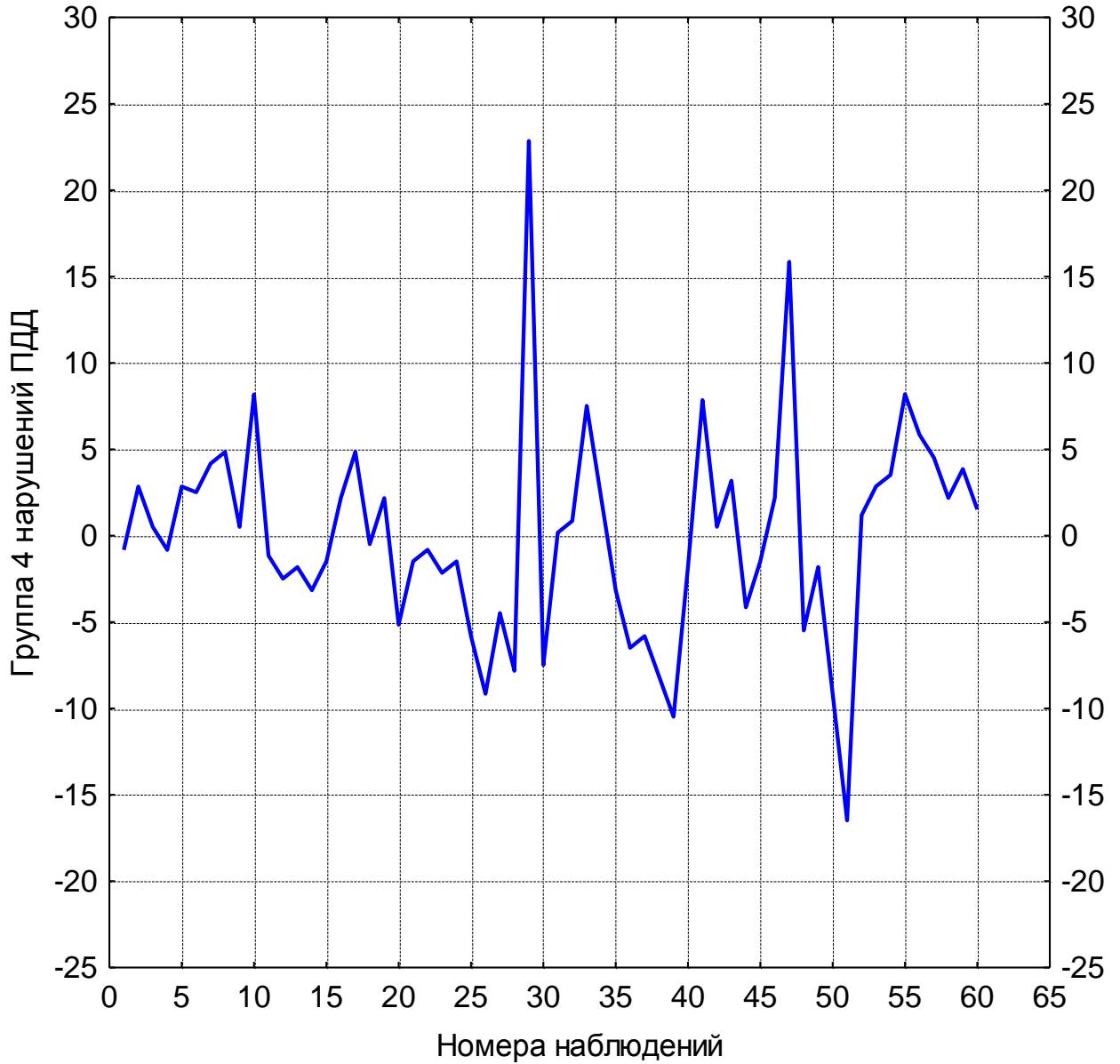


Рисунок 3.28 - График временного ряда без тренда

Для устранения преобразования нестационарного ряда в стационарный необходимо удалить из временного ряда тренд.

Уравнение тренда имеет вид

$$Y_t = 0,4898 + 0,333t. \quad (3.22)$$

Теперь структура временного ряда все равно не дает основания считать ряд стационарным. Для подтверждения необходимо построить графики автокорреляционной и частной автокорреляционной функций преобразованного ряда (рисунки 3.29, 3.30).

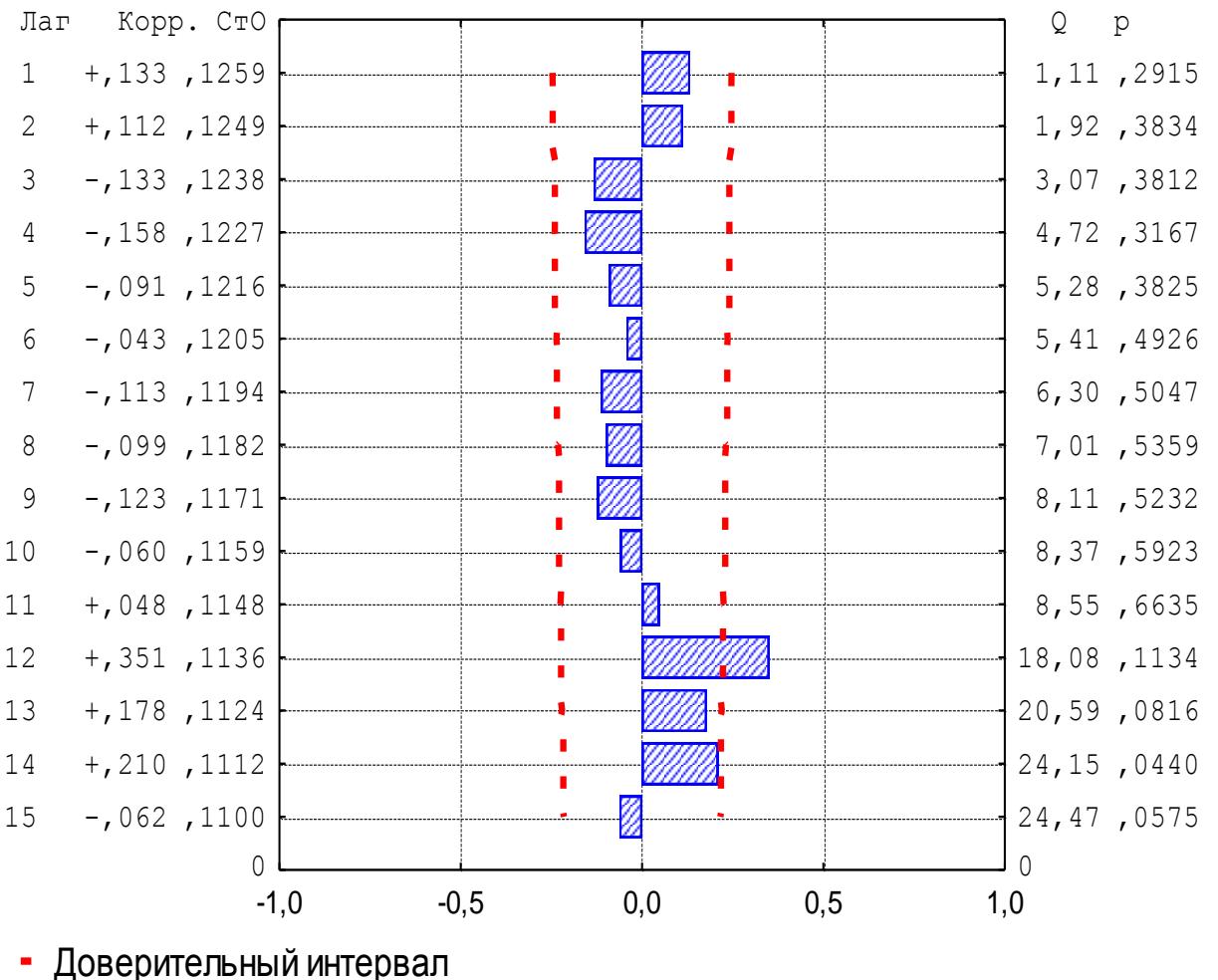


Рисунок 3.29 - График автокорреляционной функции

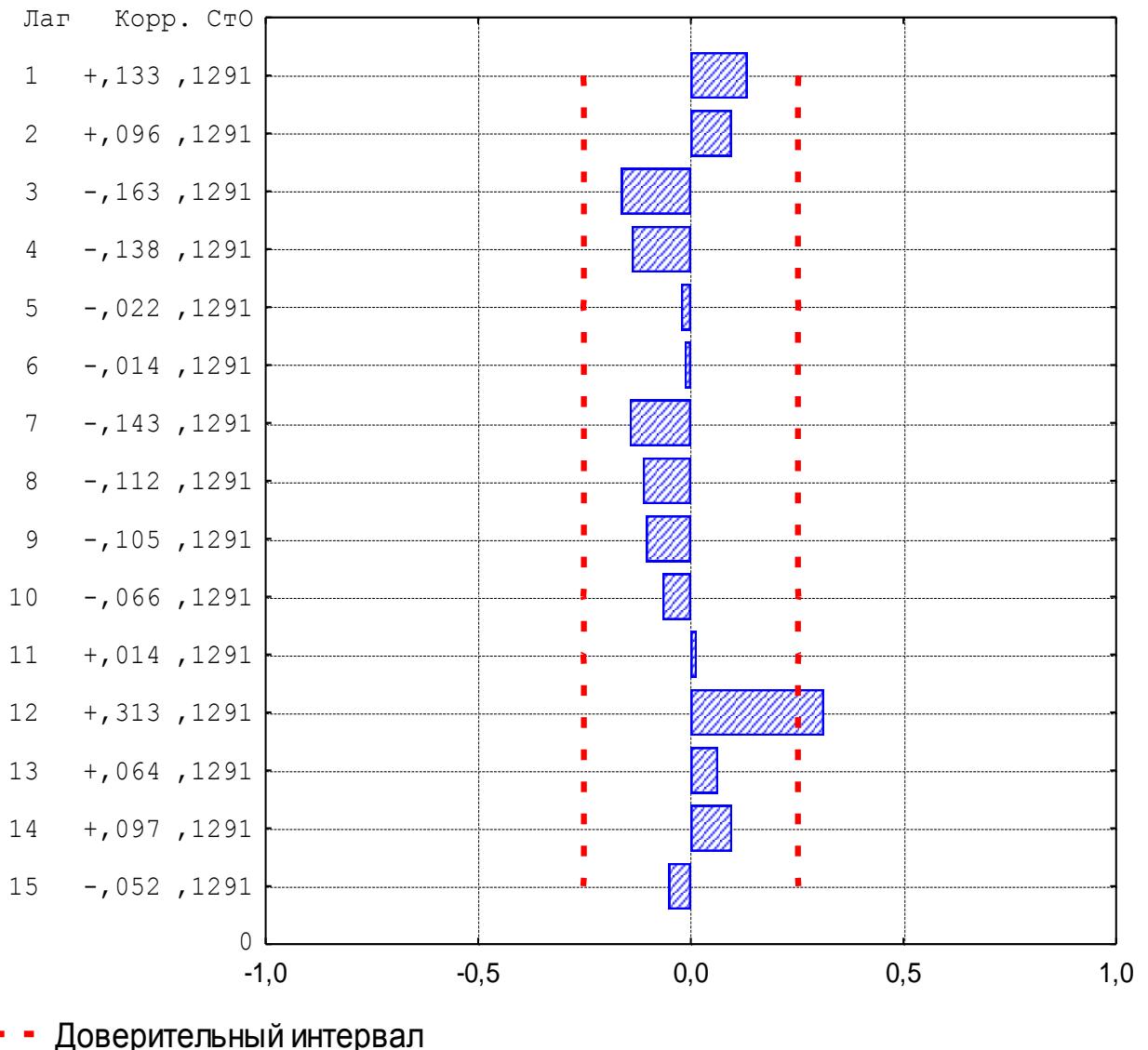


Рисунок 3.30 - График частной автокорреляционной функции

Ряд по-прежнему нестационарный (есть выбросы коэффициентов автокорреляции и частной автокорреляции за пределы доверительного интервала на лаге 12).

Для того, чтобы уменьшить скачки временного ряда на лагах, кратных 12, необходимо прологарифмировать значения временного ряда. График прологарифмированного временного ряда приведен на рисунке 3.31.

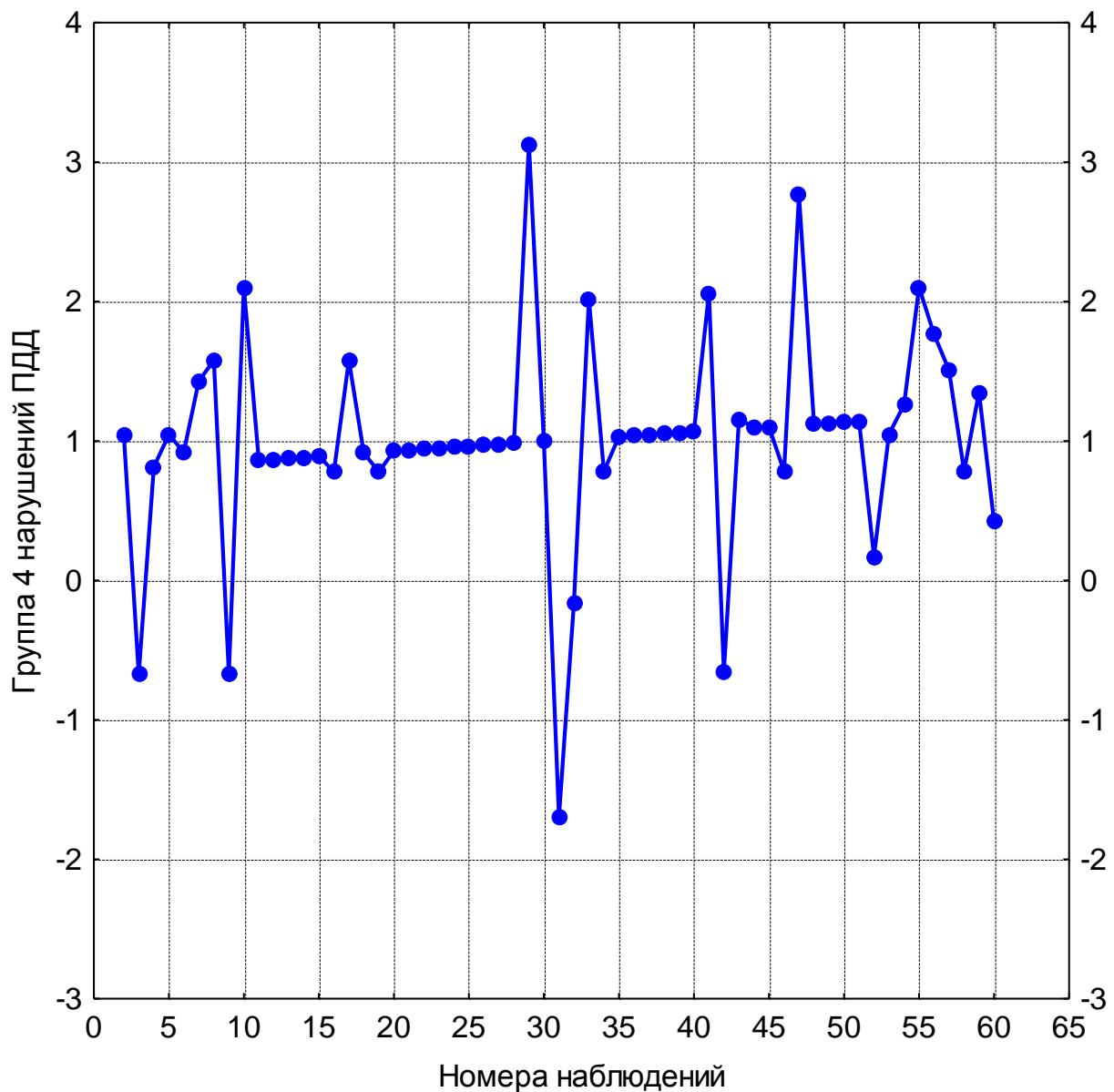


Рисунок 3.31 - График прологарифмированного временного ряда

Анализ графика даёт основания предполагать, что ряд стационарный. Для подтверждения необходимо построить графики автокорреляционной и частной автокорреляционной функций преобразованного ряда (3.32, 3.33).

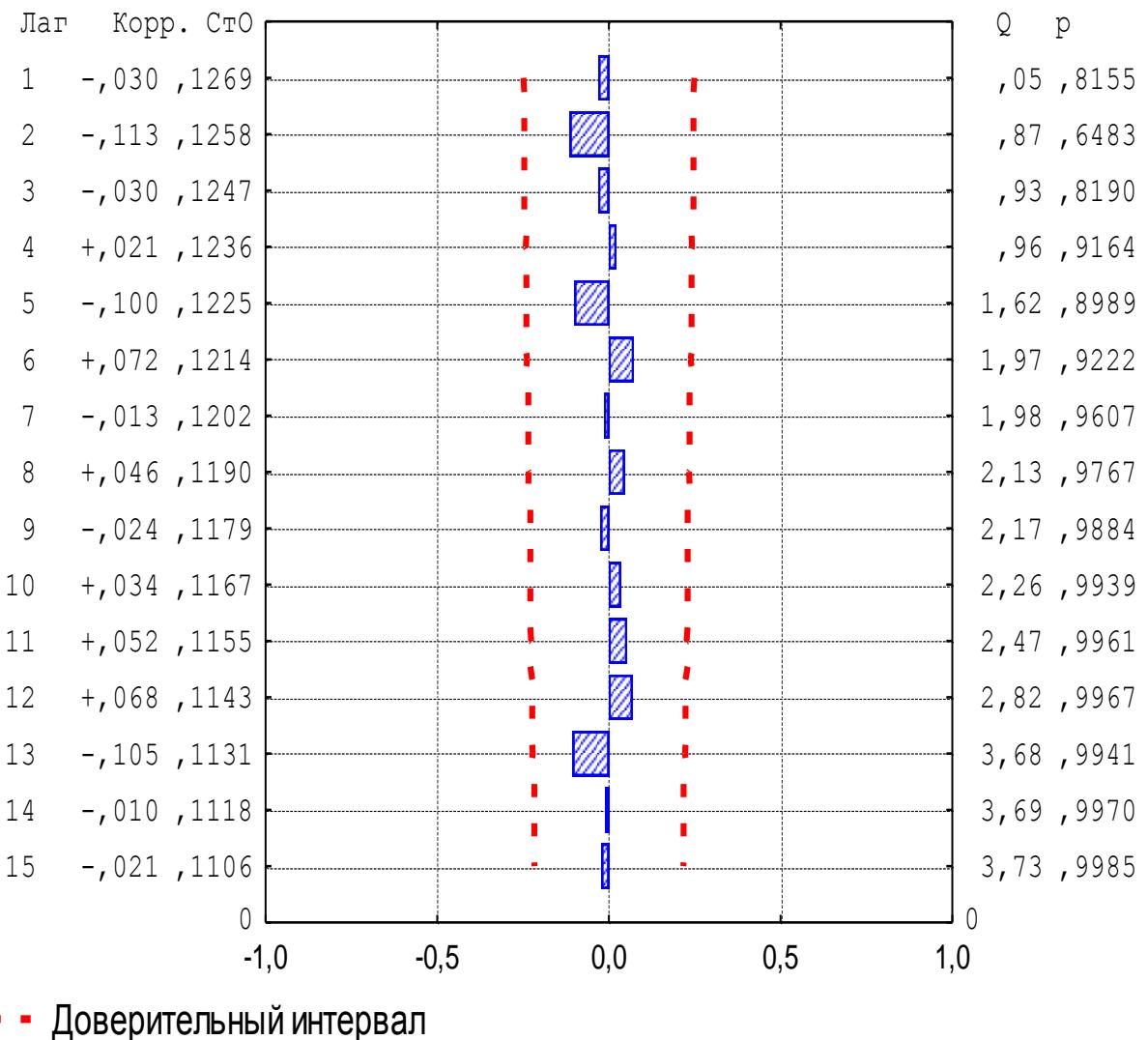


Рисунок 3.32 - График автокорреляционной функции

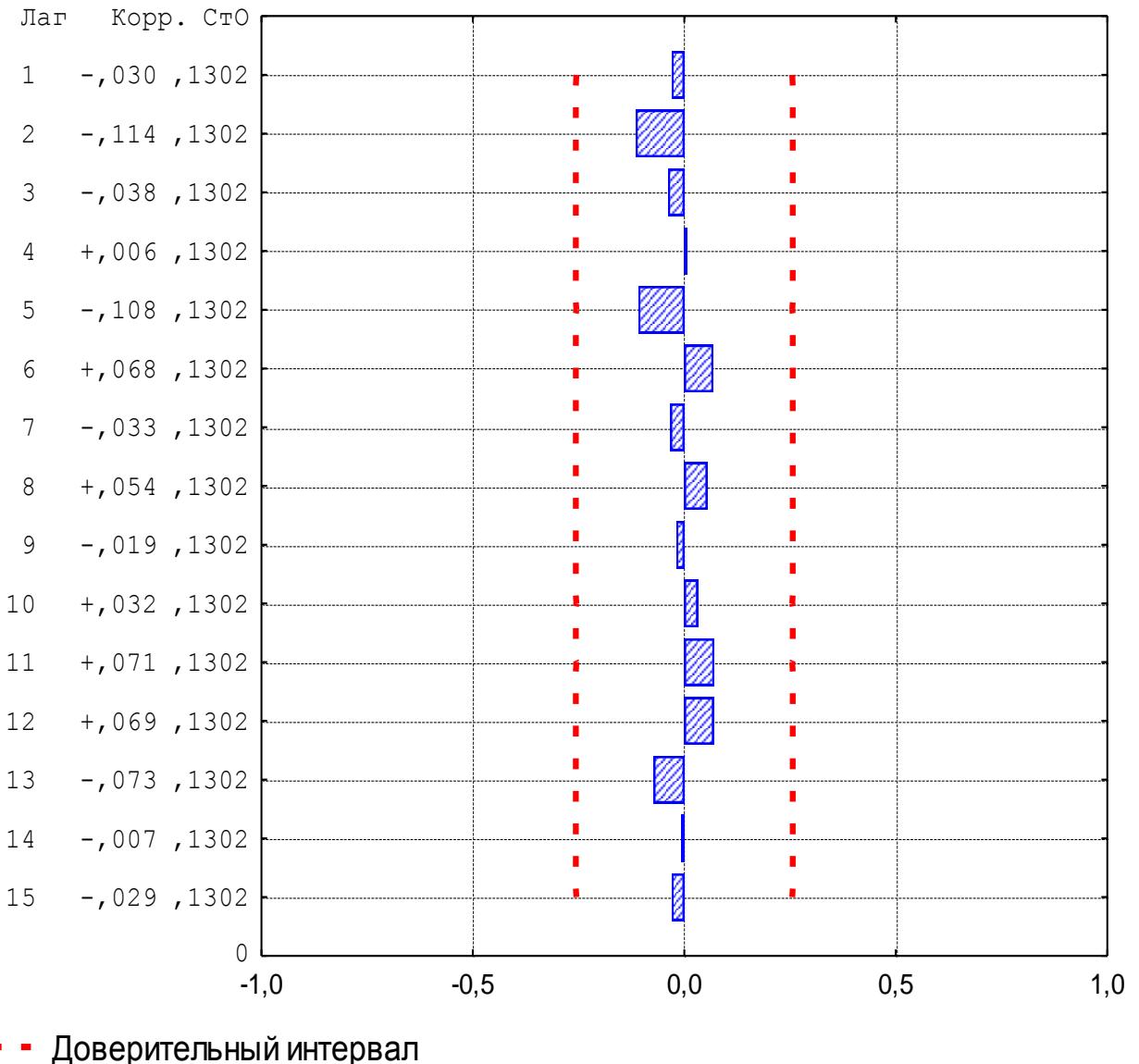


Рисунок 3.33 - График частной автокорреляционной функции

Оценка среднемесячного значения определяется по формуле

$$\hat{Y}_t = \alpha \frac{Y_t}{F_{t-L}} + (1-\alpha)(\hat{Y}_{t-1} + b_{t-1}), \quad (3.23)$$

где Y_t - исходный временной ряд;

F_{t-L} – коэффициент сезонности, соответствующий моменту времени $t - L$ (разница между текущим временем и длиной сезона), его

экспоненциально взвешенное среднее значение в момент времени t определяется по формуле

$$F_t = \gamma \frac{Y_t}{\hat{Y}_t} + (1 - \gamma) F_{t-L}; \quad (3.24)$$

где b_{t-1} - экспоненциально взвешенная средняя оценка линейности роста (падения), т.е. оценка тренда, определяемая по формуле для момента времени t

$$b_t = \delta(Y_t - Y_{t-1}) + (1 - \delta)b_{t-1}. \quad (3.25)$$

Прогноз на τ моментов времени вперед определяется по формуле

$$\hat{Y}_{t+\tau} = (Y_t + b_t \tau) F_{t-L+\tau}. \quad (3.26)$$

Определение лучших значений параметров производится поиском на сетке. Результаты расчетов приведены в таблице 1 *Приложения Ж*.

По минимуму средней абсолютной процентной ошибки значения параметров $\alpha = 0,1$, $\delta = 0,1$, $\gamma = 0,1$.

Таким образом, математическая модель для нарушений вида 4 имеет вид

$$\hat{Y}_t = 0,1 \frac{Y_t}{F_{t-L}} + 0,9(\hat{Y}_{t-1} + b_{t-1}); \quad (3.27)$$

$$F_t = 0,1 \frac{Y_t}{\hat{Y}_t} + 0,9 F_{t-L}; \quad (3.29)$$

$$b_t = 0,1(Y_t - Y_{t-1}) + 0,9b_{t-1}. \quad (3.30)$$

В таблице 2 *Приложения Ж* приведены значения анализируемой переменной, сглаженные значения, остатки (ошибки сглаживания) и сезонные составляющие.

В таблице 3.7 приведены результаты расчетов ошибок прогнозирования.

Таблица 3.7 - Результаты расчетов ошибок прогнозирования

ИТОГОВАЯ ОЦЕНКА	ЗНАЧЕНИЕ ОШИБКИ
Средняя ошибка	-0,10
Средняя абсолютная ошибка	0,63
Суммы квадратов	41,12
Средний квадрат	0,70
Средняя относительная ошибка	18,12
Средняя абсолютная относительная ошибка	19,00

Средняя ошибка (-0,10) и средняя относительная процентная ошибка (18,12) свидетельствуют об отсутствии смещения прогноза. Среднее абсолютное отклонение (0,63) находится в допустимых пределах, сумма квадратов ошибки имеет небольшое значение (41,12). Среднеквадратичная ошибка имеет допустимое значение (0,70), а средняя абсолютная относительная ошибка в процентах достигает довольно большого значения (19,00). Можно считать, что модель удовлетворительна. Величины ошибок подтверждают достаточную точность математической модели прогнозирования.

На рисунке 3.34 приведены графики исходного ряда, сглаженного ряда и ошибок модели прогнозирования.

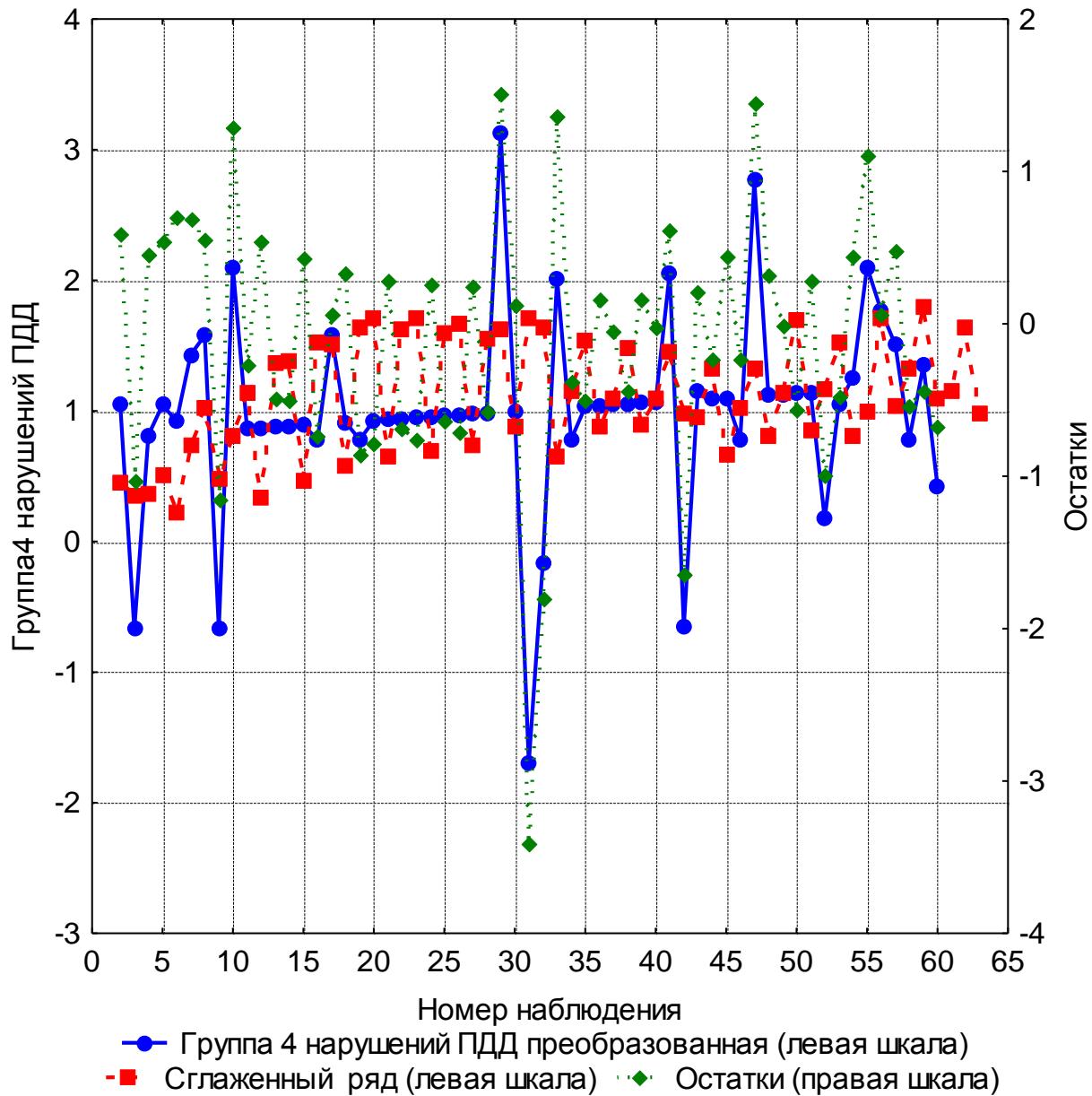


Рисунок 3.34 - Графики исходного ряда, сглаженного ряда
и ошибок модели прогнозирования

На графиках заметны довольно значительные отклонения фактических данных от модельных, следовательно, необходимо исследовать поведение остатков модели прогнозирования. На рисунке 3.35 приведен график автокорреляционной функции остатков. Остатки укладываются в пределы доверительного интервала.

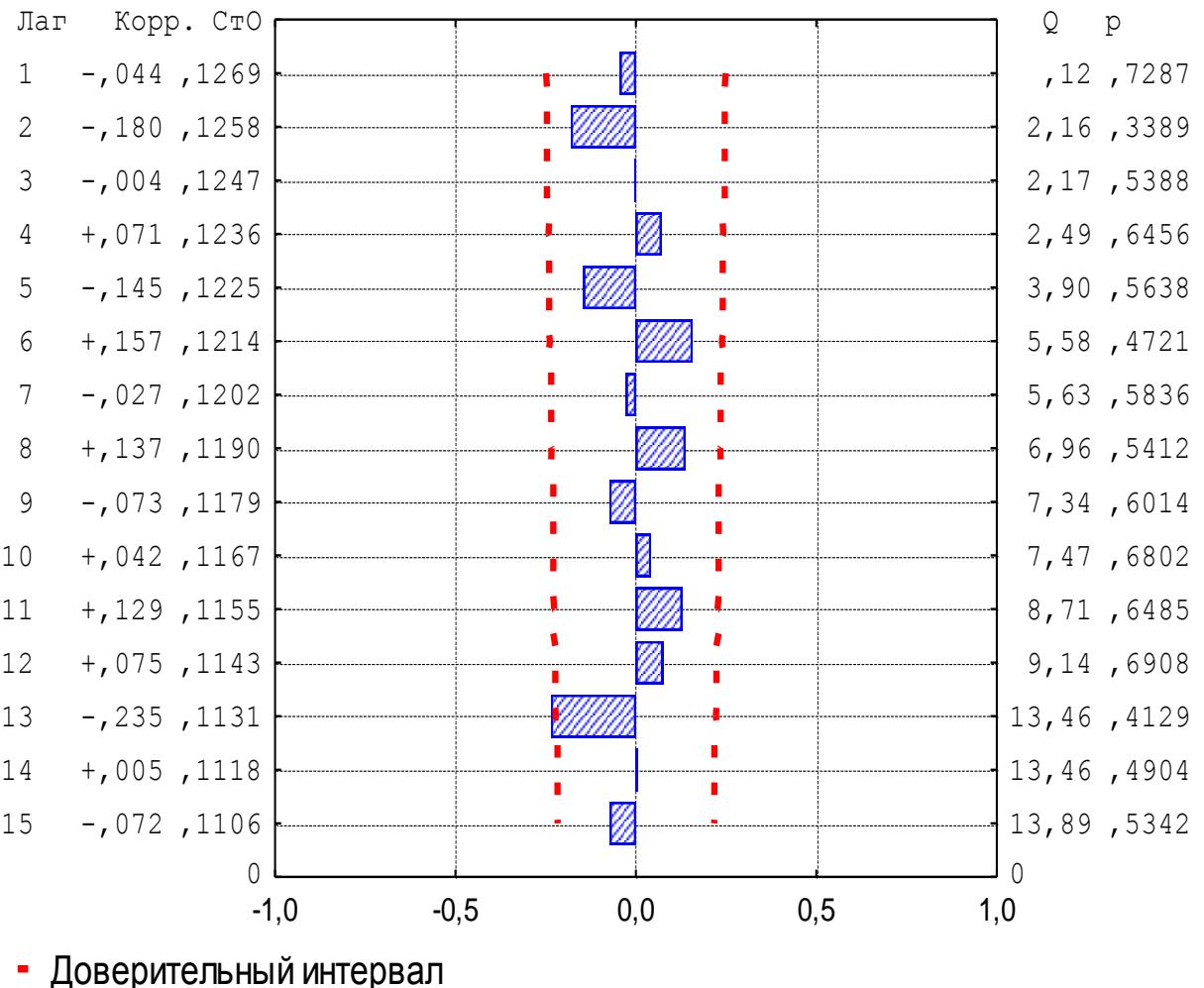


Рисунок 3.35 - График автокорреляционной функции остатков

В таблице 3.8 приведены значения автокорреляционной функции остатков, стандартные ошибки и результаты теста Бокса-Льюнга.

Небольшие значения теста Бокса-Льюнга на всех шагах свидетельствуют о том, что модель прогнозирования достаточно хорошо описывает временной ряд.

На рисунке 3.36 приведен график частной автокорреляционной функции остатков.

Анализ графика показывает, что ни на одном шаге не имеется выбросов частного коэффициента автокорреляции за пределы

доверительного интервала. Это свидетельствует о достаточной точности модели прогнозирования.

Таблица 3.8 - Значения автокорреляционной функции остатков, стандартные ошибки и результаты теста Бокса-Льюнга

Лаг	Автокорреляция	Стандартная ошибка	Тест Бокса-Льюнга Q	Уровень значимости p
1	-0,044032	0,126947	0,12031	0,728704
2	-0,179927	0,125848	2,16438	0,338864
3	-0,003684	0,124739	2,16526	0,538832
4	0,070948	0,123620	2,49464	0,645599
5	-0,145248	0,122492	3,90072	0,563805
6	0,157177	0,121352	5,57831	0,472059
7	-0,027204	0,120202	5,62953	0,583616
8	0,137201	0,119040	6,95792	0,541191
9	-0,073220	0,117868	7,34382	0,601374
10	0,041895	0,116683	7,47274	0,680182
11	0,128515	0,115486	8,71110	0,648536
12	0,074936	0,114277	9,14110	0,690823
13	-0,234990	0,113055	13,46148	0,412868
14	0,005173	0,111819	13,46362	0,490409
15	-0,071860	0,110570	13,88600	0,534207

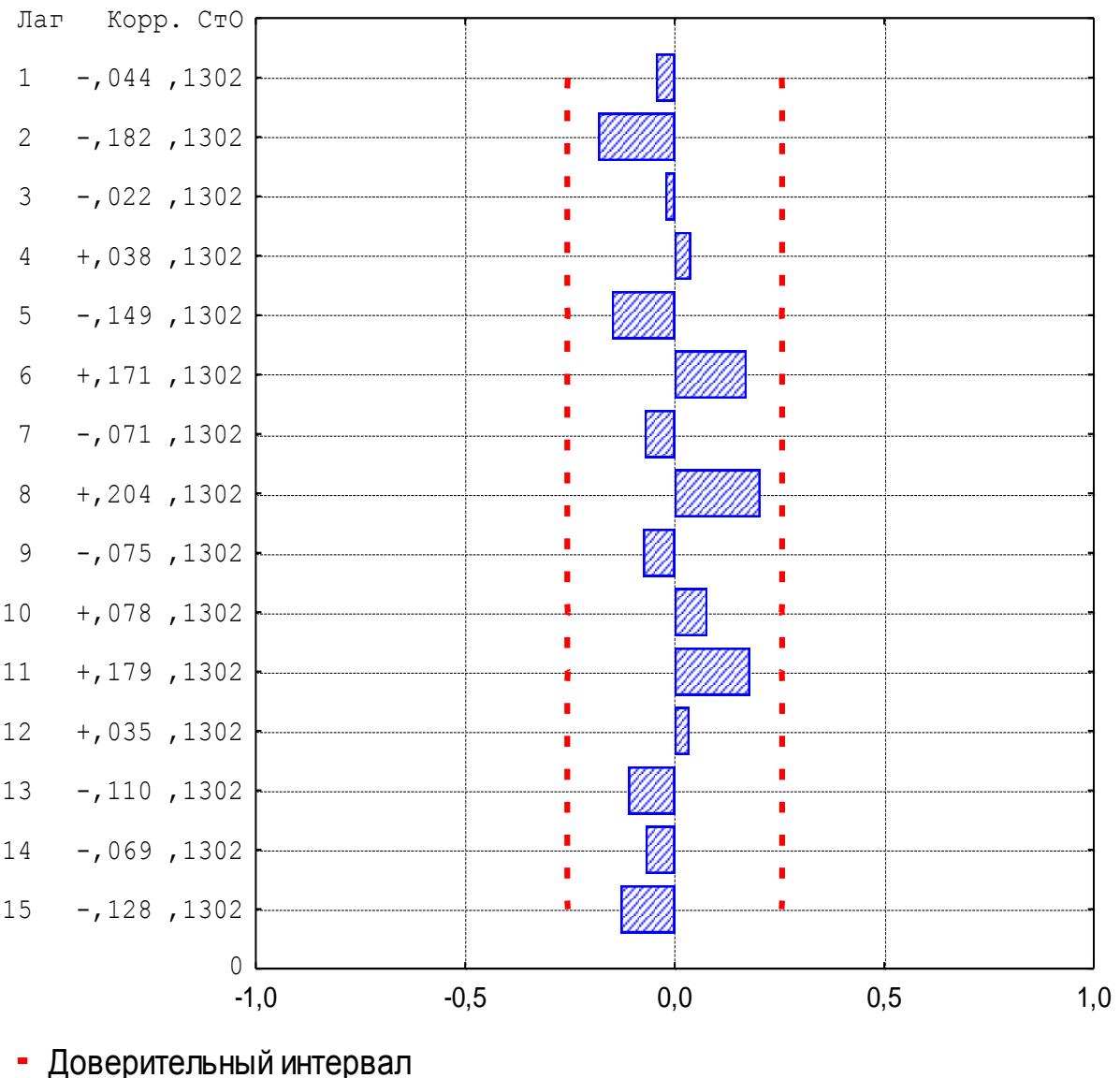


Рисунок 3.36 - График частной автокорреляционной функции остатков

В таблице 3.9 приведены значения частной автокорреляционной функции и стандартные ошибки. Значимых значений частного коэффициента автокорреляции нет.

На рисунках 3.37 и 3.38 приведены соответственно график остатков и гистограмма остатков временного ряда.

Таблица 3.9 - Значения частной автокорреляционной функции и стандартные ошибки

Лаг	Частная автокорреляция	Стандартная ошибка
1	-0,044032	0,130189
2	-0,182219	0,130189
3	-0,021840	0,130189
4	0,038145	0,130189
5	-0,149365	0,130189
6	0,171353	0,130189
7	-0,071239	0,130189
8	0,203726	0,130189
9	-0,074536	0,130189
10	0,077953	0,130189
11	0,179411	0,130189
12	0,034806	0,130189
13	-0,110311	0,130189
14	-0,068705	0,130189
15	-0,128459	0,130189

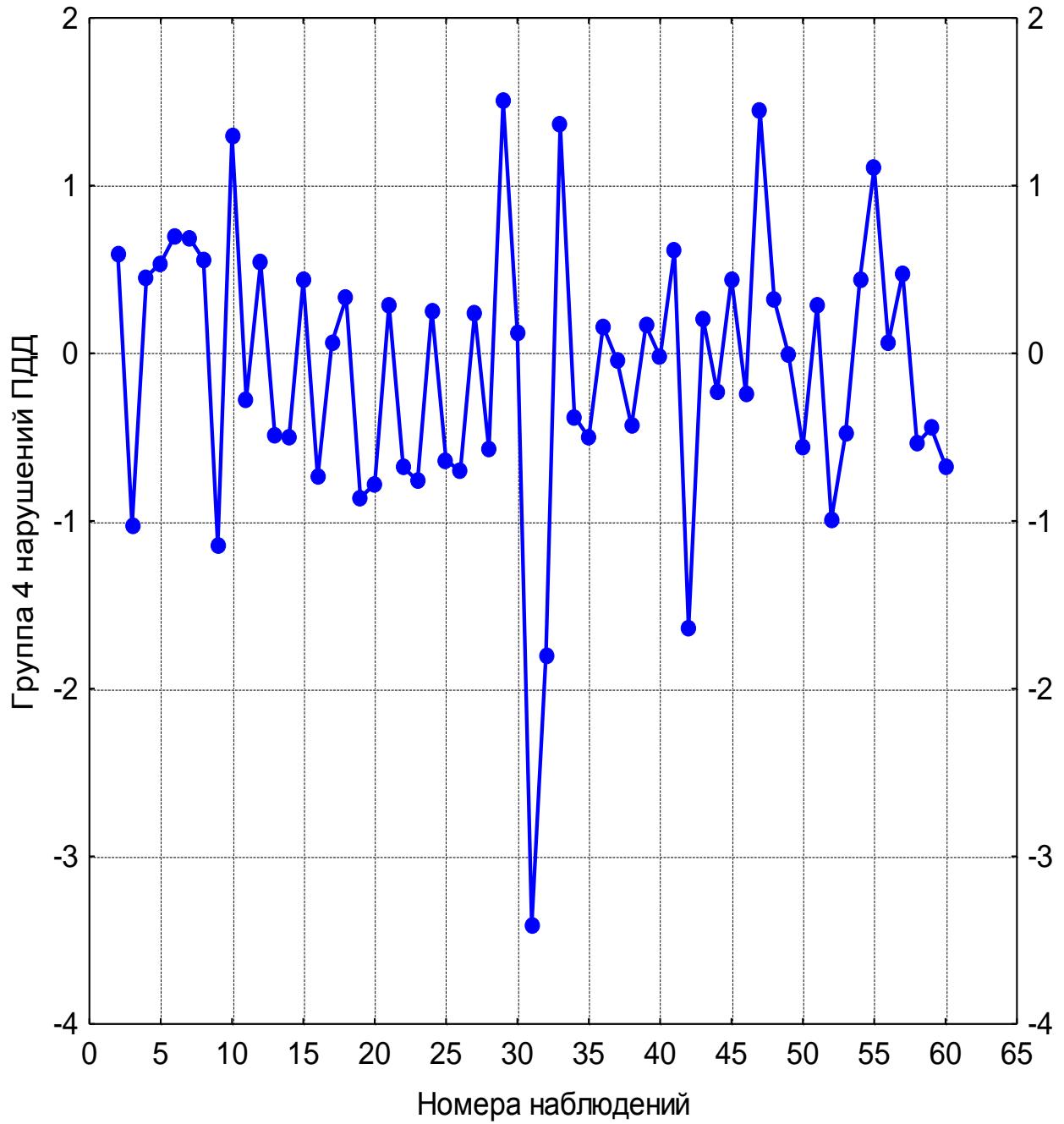


Рисунок 3.37 - График остатков временного ряда

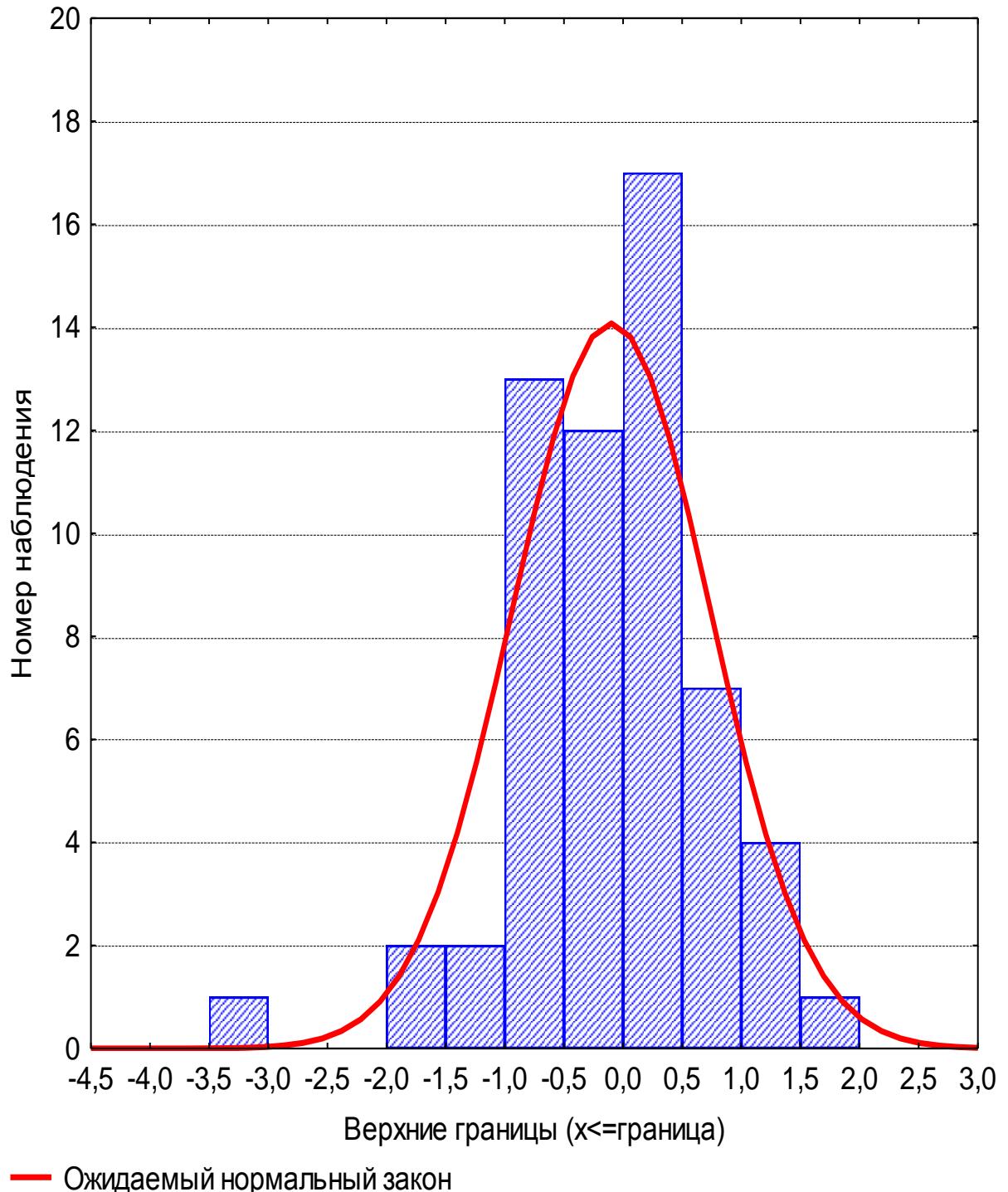


Рисунок 3.38 - Гистограмма остатков временного ряда

Распределение остатков на рисунке 3.38 является нормальным, что свидетельствует о независимости остатков.

На рисунке 3.39 приведен нормальный вероятностный график остатков модели.

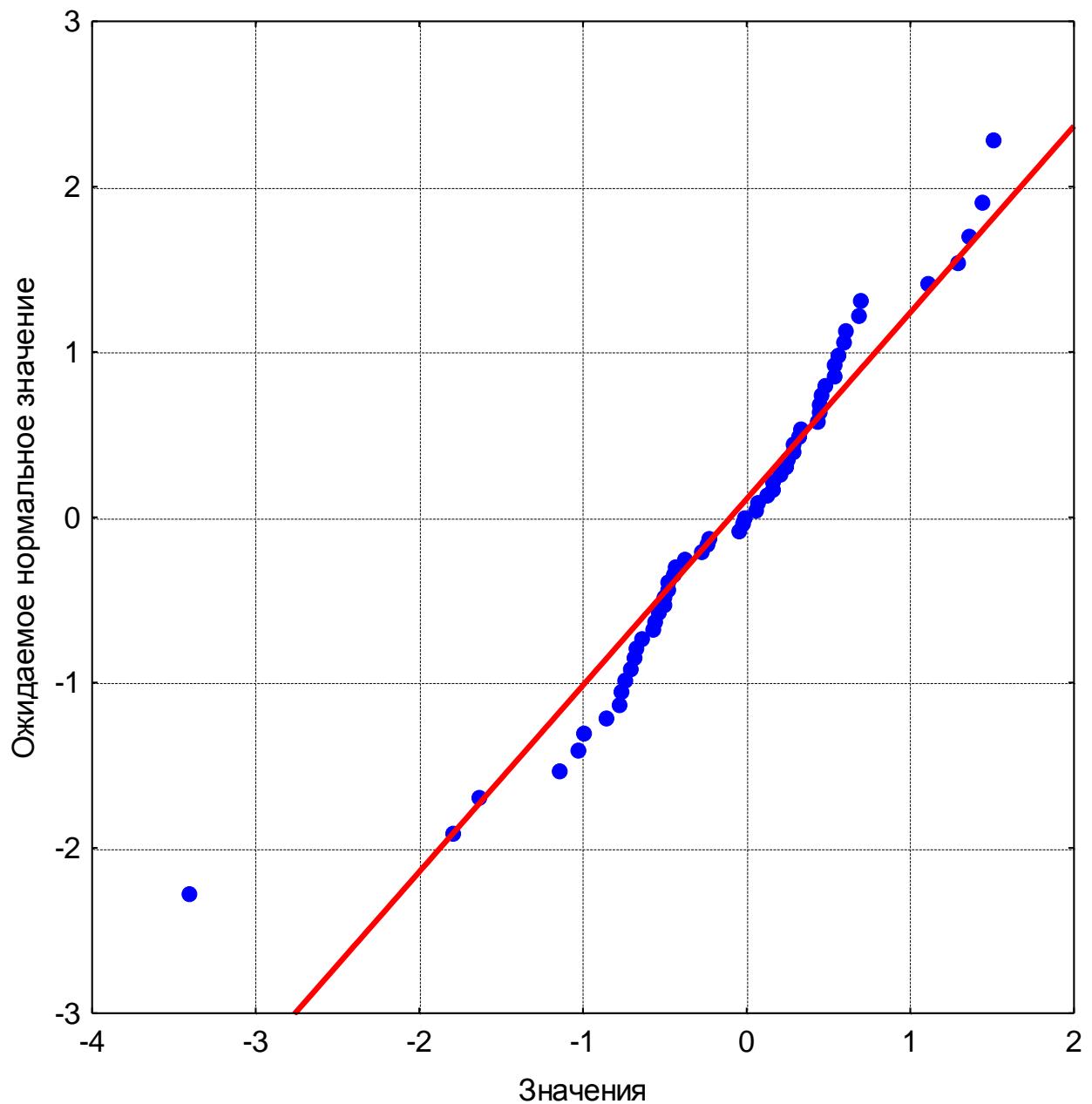


Рисунок 3.39 - График автокорреляционной функции остатков

График показал, что имеется один значительный выброс (отклонение от красной линии нормального закона) на одном шаге.

Прогнозные значения числа нарушений ПДД группы 4 определяются интегрированием прогнозных сглаженных значений и значений, полученных на тот же момент времени по уравнению тренда исходного не преобразованного ряда [18, 171]

$$Y_{61} = \exp(1,146169) + 0,4898 + 0,333 * 61 = 23,94892;$$

$$Y_{62} = \exp(1,635846) + 0,4898 + 0,333 * 62 = 26,2696;$$

$$Y_{63} = \exp(0,975850) + 0,4898 + 0,333 * 63 = 24,12222.$$

3.4 Метод определения темпа изменения количества дорожно-транспортных происшествий

Для проведения ситуационного анализа уровня БДД разработан метод определения темпов изменения количества и экономических последствий ДТП, в основе которого лежит теория индексов (рисунок 3.40) [32, 39, 179].

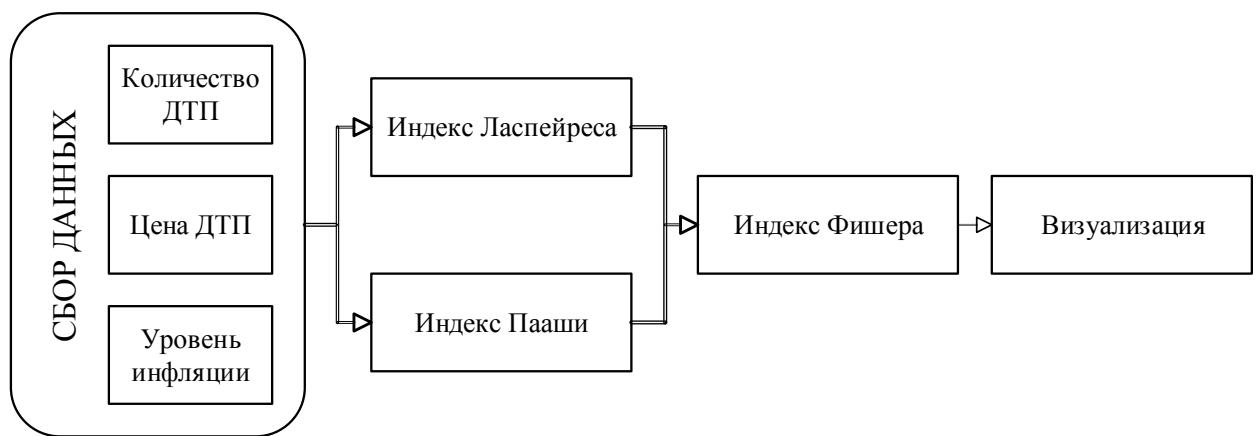


Рисунок 3.40 - Метод определения темпов изменения количества и экономических последствий ДТП

«Индекс – это относительный показатель, который характеризует изменение исследуемого явления во времени, в пространстве или по

сравнению с некоторым эталоном (планируемым, нормативным уровнем и т.п.). Различают индексы динамические и пространственные (территориальные). Динамические индексы позволяют исследовать изменение одной и той же совокупности во времени, на основе сравнения показателей за два периода и более» [177].

Существует два подхода в интерпретации возможностей индексных показателей: обобщающий (синтетический) и аналитический, которые в свою очередь определяются разными задачами [39, 179]. Суть обобщающего подхода - в трактовке индекса как показателя среднего изменения уровня исследуемого явления. В этом случае основной задачей, решаемой с помощью индексных показателей, будет характеристика общего изменения многофакторного экономического показателя. Аналитический подход рассматривает индекс как показатель изменения уровня результирующей величины, на которую оказывает влияние величина, изучаемая с помощью индекса. Отсюда и иная задача, которая решается с помощью индексных показателей: выделить влияние одного из факторов в изменении многофакторного показателя.

Для решения задачи определения темпов изменения количества и экономических последствий ДТП используется обобщающий подход.

В качестве индекса физического объема в разработанном методе предлагается использовать количество ДТП. Индекс цены (индекс качественного показателя) – величина ущерба от ДТП. Данные по количеству ДТП приводятся на официальном сайте ГИБДД, ущерб от пострадавших рассчитывался по данным исследований НИУ ВШЭ [157], ущерб от механических повреждений транспортных средств – исходя из средних выплат по ОСАГО. Исходные данные приведены в таблицах 1 и 2 *Приложения И*.

Индексы можно разделить на две группы [180]:

- индексы, при исчислении которых использовались веса базисного периода (формулы Ласпейреса);
- индексы, рассчитанные по весам отчетного периода (формулы Пааше).

По формулам Ласпейреса соответственно индексы количества ДТП и величины ущерба определяются следующим образом [179]

$$L_q = \frac{\sum q^1 p^0}{\sum q^0 p^0} ; \quad (3.31)$$

$$L_p = \frac{\sum p^1 q^0}{\sum p^0 q^0} , \quad (3.32)$$

где q – в рассматриваемом методе количество ДТП;

p – величина ущерба (руб.).

Индекс у величин p и q означает период: 0 - базисный; 1 - отчетный.

Формулы Пааше имеют вид [179]

$$P_q = \frac{\sum q^1 p^1}{\sum q^0 p^1} ; \quad (3.33)$$

$$P_p = \frac{\sum p^1 q^1}{\sum p^0 q^1} . \quad (3.34)$$

Практика показала, что индексы, рассчитанные по формулам Пааше, имеют тенденцию некоторого занижения, а по формулам Ласпейреса - завышения темпов изменения [180]. Эти недостатки устраняются с помощью индексов Фишера, представляющих из себя среднюю геометрическую величину соответствующих индексов Пааше и Ласпейреса

$$F_q = \sqrt{L_q P_q} ; \quad (3.35)$$

$$F_p = \sqrt{L_p P_p} . \quad (3.36)$$

где L_p и L_q – соответственно индексы цены и объема Ласпейреса, P_p и P_q – соответственно индексы цены и объема Пааши.

С помощью индексного метода в качестве примера будет изучена динамика изменения величины ущерба и количества ДТП в г. Липецке в 2014 году. Январь принят как базисный момент времени, декабрь – текущий момент времени.

Порядок расчётов следующий:

1. Цепные индексы цены;
2. Производные индексы цены;
3. Цепные индексы объёма (количества);
4. Производные индексы объёма (количества);
5. Цепные индексы стоимости;
6. Производные индексы стоимости.

Цепные индексы цены Ласпейреса, Пааши и Фишера рассчитываются соответственно по формулам

$$L_p^{t/t-1} = \frac{\sum q^{t-1} p^t}{\sum q^{t-1} p^{t-1}}; \quad (3.37)$$

$$P_p^{t/t-1} = \frac{\sum q^t p^t}{\sum q^t p^{t-1}}; \quad (3.38)$$

$$F_p^{t/t-1} = \sqrt{L_p^{t/t-1} P_p^{t/t-1}}, \quad (3.39)$$

где t – текущее время.

Производные индексы цены Ласпейреса, Пааши и Фишера рассчитываются соответственно по формулам (за базисный момент времени принят первый месяц)

$$L_p^{t/1} = \prod_{j=2}^t L_p^{j/(j-1)}; \quad (3.40)$$

$$P_p^{t/1} = \prod_{j=2}^t P_p^{j/(j-1)}; \quad (3.41)$$

$$F_p^{t/1} = \prod_{j=2}^t F_p^{j/(j-1)}. \quad (3.42)$$

где j – расчётное время.

Цепные индексы объёма (количества) Ласпейреса, Пааши и Фишера рассчитываются соответственно по формулам

$$L_q^{t/t-1} = \frac{\sum q^t p^{t-1}}{\sum q^{t-1} p^{t-1}}; \quad (3.43)$$

$$P_q^{t/t-1} = \frac{\sum q^t p^t}{\sum q^{t-1} p^t}; \quad (3.44)$$

$$F_q^{t/t-1} = \sqrt{L_q^{t/t-1} * P_q^{t/t-1}}, \quad (3.45)$$

Производные индексы объёма (количества) Ласпейреса, Пааши и Фишера рассчитываются соответственно по формулам

$$L_q^{t/1} = \prod_{j=2}^t L_q^{j/(j-1)}; \quad (3.46)$$

$$P_q^{t/1} = \prod_{j=2}^t P_q^{j/(j-1)}; \quad (3.47)$$

$$F_q^{t/1} = \prod_{j=2}^t F_q^{j/(j-1)}. \quad (3.48)$$

Цепные и производные индексы стоимости рассчитываются по формулам

$$V^{t/t-1} = \frac{\sum q^t p^t}{\sum q^{t-1} p^{t-1}}; \quad (3.49)$$

$$V^{t/t-1} = \prod_{j=2}^t V^{j/(j-1)}. \quad (3.50)$$

Предварительные расчеты для определения цепных индексов цены и объема (количества) Ласпейреса и Пааше приведены в таблицах 1, 2 и 3 *Приложения К*.

Результаты расчётов представлены в таблицах 3.10, 3.11, 3.12, 3.13 и 3.14.

Для анализа темпов изменения более информативной является визуализация полученных данных. На рисунках 3.41 и 3.42 представлены графики, показывающие темпы изменения соответственно производных индексов цены и производных индексов объема (количества). На рисунке 3.43 показано изменение индекса ущерба в зависимости от изменения индекса количества ДТП по месяцам.

Таблица 3.10 – Результаты расчёта цепных индексов цены

Месяц	Индекс Ласпейреса	Индекс Пааше	Индекс Фишера
2	0,931717	0,931742	0,93173
3	0,972099246	0,972039504	0,972069375
4	1,614304373	1,613749405	1,614026865
5	0,909524004	0,909492195	0,909508099
6	1,065852195	1,06585576	1,065853978
7	0,804165294	0,805076499	0,804620768
8	1,565920886	1,565979767	1,565950326
9	0,625976015	0,625937949	0,625956982
10	1,24099	1,240602	1,240796
11	0,758622	0,758625	0,758623
12	1,183048	1,182971	1,18301

Таблица 3.11 – Результаты расчёта производных индексов цены

Месяц	Индекс Ласпейреса	Индекс Пааше	Индекс Фишера
2	1,006796	1,006823	1,006809
3	1,01693262	1,016897527	1,016915073
4	1,027803902	1,027415106	1,027609486
5	1,036863883	1,03643541	1,036649624
6	1,04307397	1,042646418	1,042860172
7	1,051258157	1,052017949	1,051637984
8	1,05365862	1,054459795	1,054059131
9	1,060392993	1,061134755	1,060763809
10	1,073268	1,073684	1,073476
11	1,086551	1,086975	1,086763
12	1,114092	1,114456	1,114274

Таблица 3.12 – Результаты расчёта цепных индексов объёма
(количества)

Месяц	Индекс Ласпейреса	Индекс Пааше	Индекс Фишера
2	0,931717	0,931742	0,93173
3	0,972099246	0,972039504	0,972069375
4	1,614304373	1,613749405	1,614026865
5	0,909524004	0,909492195	0,909508099
6	1,065852195	1,06585576	1,065853978
7	0,804165294	0,805076499	0,804620768
8	1,565920886	1,565979767	1,565950326
9	0,625976015	0,625937949	0,625956982
10	1,24099	1,240602	1,240796
11	0,758622	0,758625	0,758623
12	1,183048	1,182971	1,18301

Таблица 3.13 – Результаты расчёта производных индексов объёма
(количества)

Месяц	Индекс Ласпейреса	Индекс Пааше	Индекс Фишера
2	0,931717	0,931742	0,93173
3	0,905721352	0,905690097	0,905705724
4	1,46210994	1,461556855	1,461833371
5	1,329824087	1,329274552	1,329549291
6	1,417395922	1,416814938	1,4171054
7	1,139820609	1,14064441	1,140232435
8	1,784868898	1,786226067	1,785547354
9	1,117285121	1,11806668	1,117675832
10	1,386539	1,387075	1,386807
11	1,051859	1,05227	1,052065
12	1,2444	1,244805	1,244602

Таблица 3.14 – Результаты расчёта индексов стоимости

Месяц	Цепной индекс	Производный индекс
2	0,938074	0,938074
3	0,981826319	0,921025803
4	1,631000819	1,502193839
5	0,91750927	1,378276773
6	1,072239488	1,477842782
7	0,811393306	1,19911174
8	1,569555555	1,882072493
9	0,62993858	1,185590073
10	1,255665	1,488704
11	0,768013	1,143345
12	1,212957	1,386828

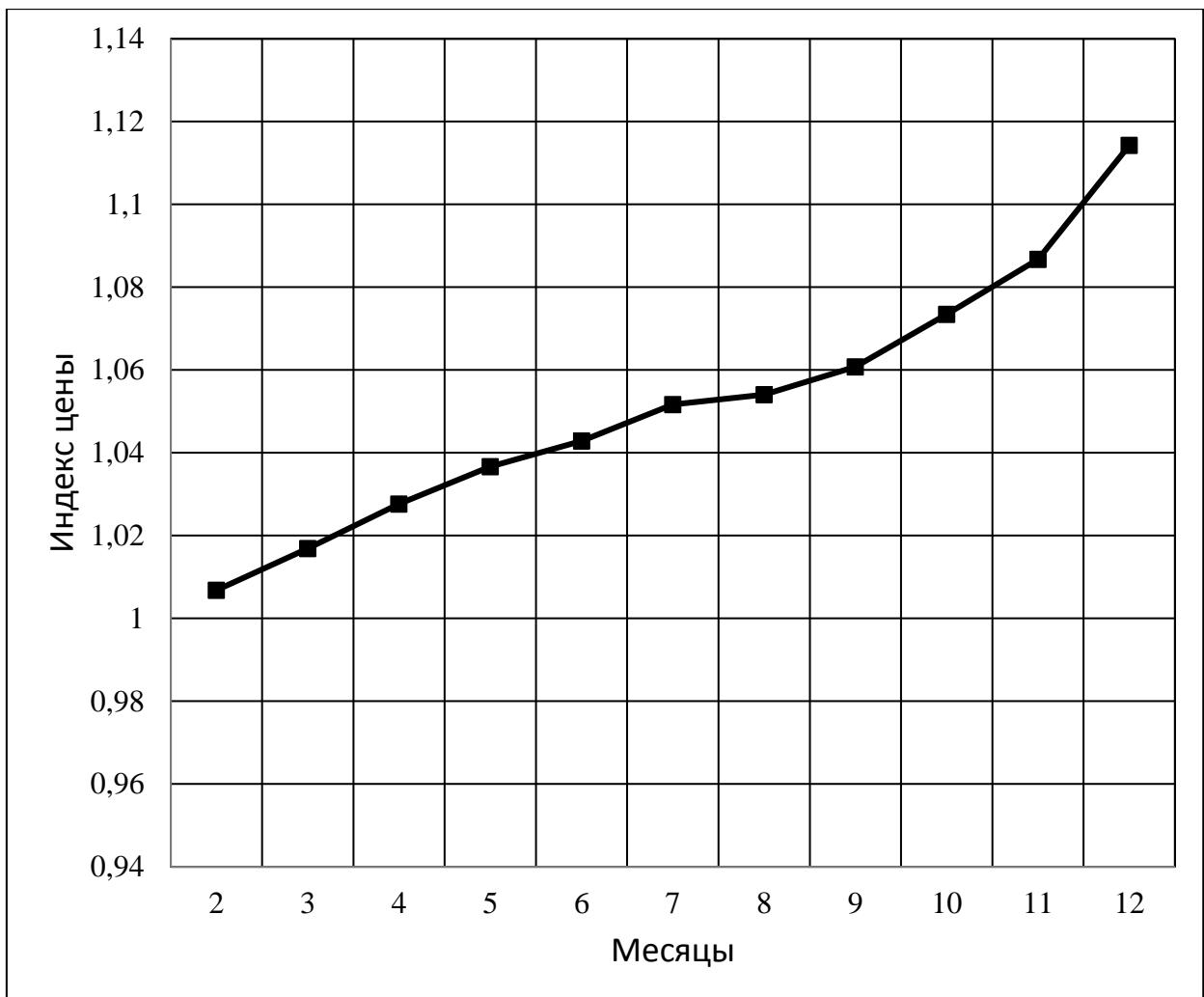


Рисунок 3.41 - График изменения производных индексов цены

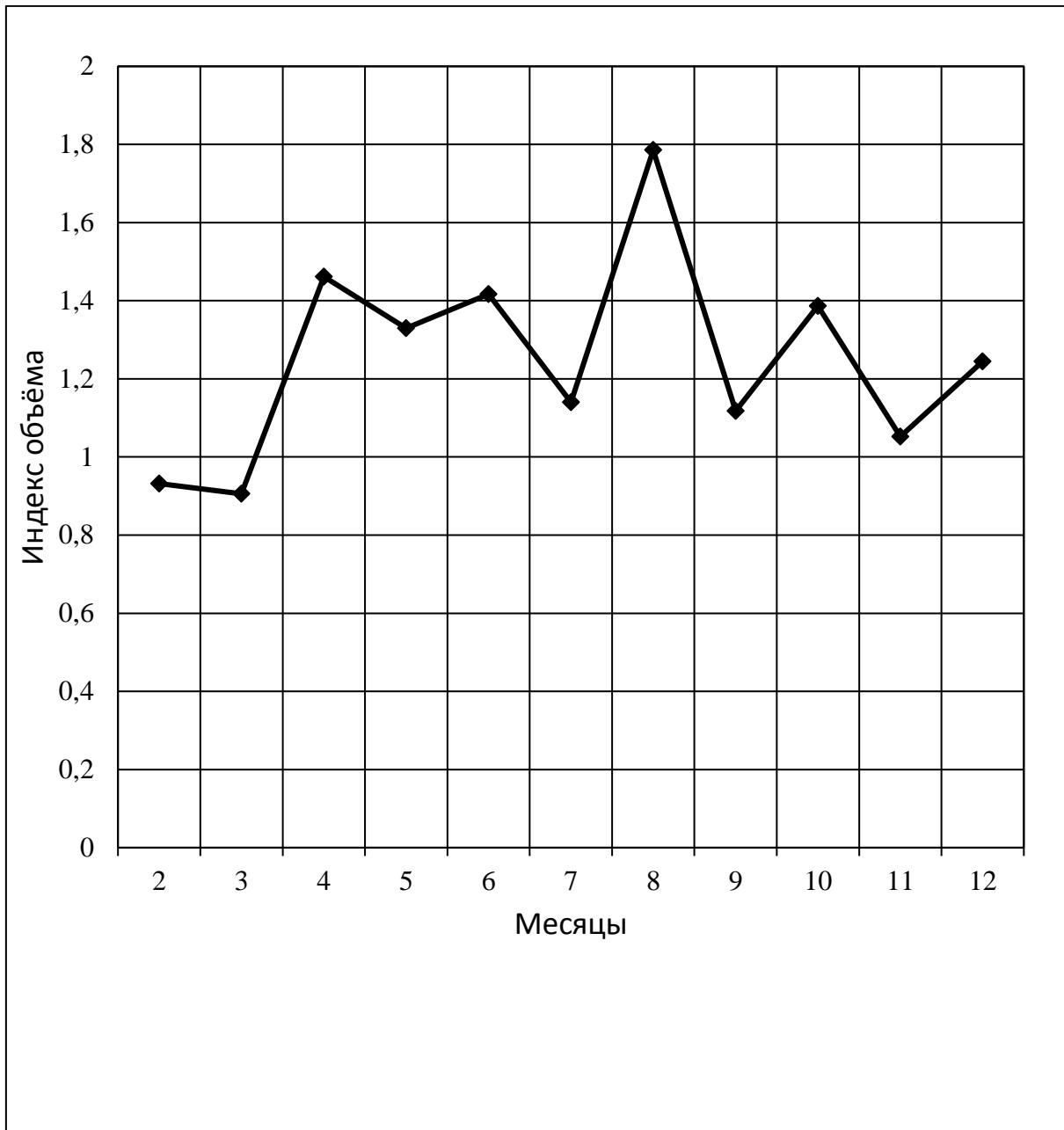


Рисунок 3.42 - График изменения производных индексов объёма
(количество)

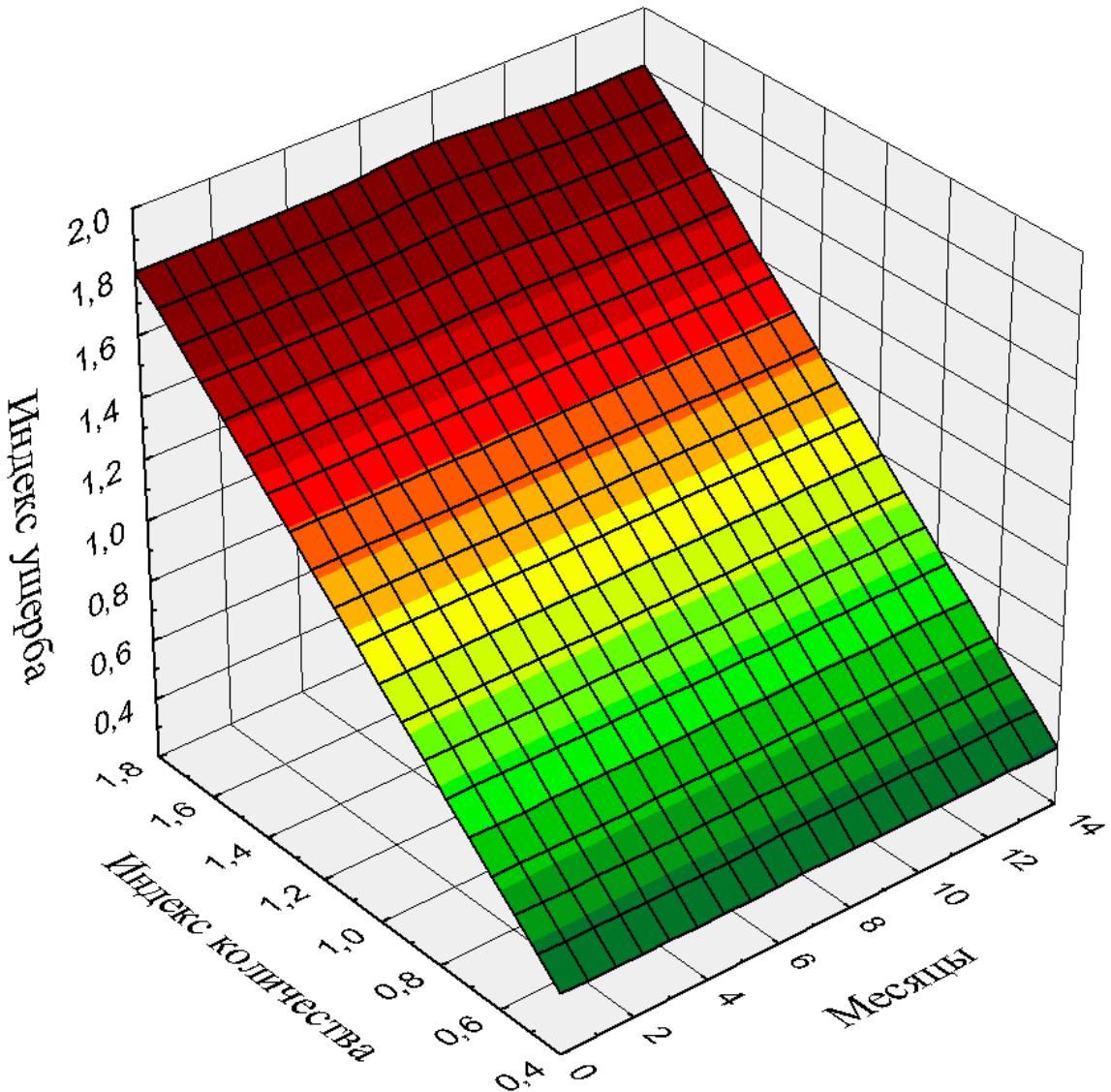


Рисунок 3.43 - График изменения индекса ущерба в зависимости от изменения индекса количества ДТП по месяцам

Анализ полученных данных позволяет сделать выводы о высоких темпах роста количества происшествий в апреле и августе и о значительных темпах роста в октябре. Таким образом определены периоды, требующие усиленной правоприменительной практики, подкреплённой социально-маркетинговыми кампаниями.

Выходы по главе

1. Впервые предложено использовать в качестве показателей аварийности количество нарушений ПДД, предшествующие возникновению ДТП. Для получения достаточного объёма данных для построения математических моделей прогнозирования нарушения ПДД сгруппированы на основе принципа схожести действий (ошибки маневрирования, нарушения предписаний, движение со скоростью, не соответствующей условиям) или причин (происшествия, приведшие к травмам пешеходов). Математические модели прогнозирования количества этих нарушений ПДД не менее важны, чем прогнозы традиционных показателей аварийности (количество ДТП и пострадавших), так как являются характеристикой поведения участников движения и позволяют повысить эффективность правоприменительной практики и социально-маркетинговых кампаний, доказавших свои возможности в мировой практике.

2. Исследования показали, что для прогнозирования показателей аварийности наиболее эффективно использовать методы анализа временных рядов, такие как модель АРПСС и экспоненциальное сглаживание.

Предложенный алгоритм реализации математических моделей временных рядов может применяться как в предложенной ЭСБДД, так и самостоятельно. Полученные на его основе динамические модели прогнозирования показателей аварийности, дают возможность разрабатывать упреждающие управляющие решения, направленные на предупреждение причин возникновения ДТП и предотвращение аварийности, и оценивать их эффективность.

3. С помощью метода АРПСС получены математические модели прогноза для общего количества ДТП, для числа раненых и погибших,

а также для нарушений вида 2 и 3. Значения средней абсолютной ошибки прогноза подтверждает в двух случаях хорошую и высокую точность.

4. Использование метода экспоненциального сглаживания позволили построить математические модели прогноза для числа нарушений ПДД вида 1 и 5. Для построения математической модели прогноза количества нарушений вида 4 использована модель Винтерса, так как во временном ряде прослеживаются сезонные мультипликативные колебания. Оценка построенных моделей прогнозирования временного ряда с помощью показателей ошибок прогнозирования, таких как средняя ошибка, среднее абсолютное отклонение, сумма квадратов ошибки, среднеквадратическая ошибка, средняя относительная процентная ошибка, средняя абсолютная относительная ошибка позволяет сделать вывод о достаточной точности построенных математических моделей. Небольшие значения теста Бокса-Льюнга на всех шагах также свидетельствуют о том, что модели прогнозирования достаточно хорошо описывают временной ряд.

5. Разработанный метод определения темпов изменения количества и экономических последствий ДТП на основе теории индексов обеспечивает ретроспективный анализ для оценки динамики аварийности и является индикатором срочности принятия мер по снижению уровня дорожно-транспортной аварийности. В качестве основных показателей приняты индекс стоимости и индекс Фишера, представляющего собой среднее геометрическое индексов Ласпейреса и Пааше.

Метод даёт возможность определять моменты времени, требующие усиленной правоприменительной практики и проведения

социально-маркетинговых кампаний. В ЭСБДД может быть трекинг-сигналом принятия мер по предотвращению роста аварийности.

Глава 4

Научные основы формирования ответственного поведения участников дорожного движения

В данной главе использованы материалы совместных с д.т.н., проф. Корчагиным В.А., д.т.н., проф. Погодаевым А.К., к.т.н., доц. Суворовым В.А. научных статей [69, 75]. Степень личного участия автора диссертации заключается в постановке цели, анализа и формулировании новых подходов к деятельности, направленной на поведение участников дорожного движения. Автором диссертации разработаны теоретические положения и алгоритм для решения задач формирования целевых групп для проведения социально-маркетинговых кампаний в сфере БДД. Доля личного участия автора диссертации в материалах главы 4 составляет 79%.

4.1 Концепция развития мониторинга и оценки состояния безопасности дорожного движения

«Мониторинг ситуации по БДД представляет собой систематический сбор и обработку информации, которая может быть использована для улучшения процесса принятия решения, а также, косвенно, для информирования общественности или прямо как инструмент обратной связи в целях осуществления проектов, оценки программ или выработки политики. Мониторинг несёт одну или более из трёх организационных функций:

- выявляет состояние критических или находящихся в состоянии изменения явлений (в нашем случае: поведение участников

движения), в отношении которых будет выработан курс действий на будущее;

- устанавливает отношения с объектом исследования, обеспечивая обратную связь, в отношении предыдущих удач и неудач определенной политики или программ;
- устанавливает соответствия правилам или нормам.

Целью мониторинга поведения участников движения является выявление уровня отношения участников движения к тому или иному фактору риска дорожно-транспортного травматизма, например, использованию ремней безопасности и детских удерживающих устройств, соблюдению скоростного режима» [222, с.43].

Мониторинг позволяет получить количественные данные, дающие возможность реально оценить влияние исследуемого фактора риска на уровень БДД и принять решение о необходимости проведения различных мероприятий для повышения безопасности движения.

Мониторинг уровня отношения участников движения к тому или иному фактору риска дорожно-транспортного травматизма и смертности осуществляется с помощью оценки [222]:

- «что говорят люди»: исследования, основанные на придорожных интервью и работе в целевой аудитории: уровень знаний, поведение (или отношение), применение/ осуществление на практике (субъективная оценка);

- «как люди ведут себя»: исследования, основанные на обсервационных наблюдениях: например, уровень использования ремней безопасности и превышение установленного скоростного режима (объективная оценка);

- динамики дорожной аварийности: изменения в показателях зарегистрированных дорожно-транспортных происшествий, дорожно-транспортного травматизма и смертности.

Формы мониторинга и виды исследований

Наиболее полные количественные данные для понимания проблемы основываются на наблюдениях (обсервационные исследования). Качественные данные (причины поведения) можно получить только с помощью социологических исследований (например, фокус-групп) и в придорожных интервью.

Как организовать исследования – методы и организационные модели сбора данных и их анализа

Наиболее рациональным и эффективным представляется использование ресурсов региональных университетов, которые имеют следующие возможности:

- ✓ проведение широкомасштабных исследований;
- ✓ регулярный мониторинг уровня БДД, в том числе по отдельным видам нарушений участниками дорожного движения;
- ✓ обследование мест концентрации ДТП;
- ✓ анализ данных любой сложности.

Примерный порядок проведения количественных исследований следующий. Первоначально определяются цель, задачи и масштаб исследований. Далее разрабатывается методика исследований, которая должна в зависимости от целей и задач обеспечить необходимое качество исследований.

Результаты исследований и их использование для принятия управленческих решений

Количественные данные, полученные в результате исследования того или иного фактора риска, дают основание для принятия решения о дальнейшей работе по повышению БДД. Традиционно есть два пути нивелирования фактора риска. Первый – усиление надзорной деятельности по данному фактору риска. Носит, как правило, временный характер. Второй – информированность участников

дорожного движения и формирование общественного мнения, направленного на создание атмосферы нетерпимости к конкретному фактору риска. Второй путь предполагает социологические исследования и разработку социально-маркетинговых инструментов для воздействия на участников движения. Совместное использование двух направлений даёт наибольший эффект.

Исследования в рамках Проекта RS-10

В 2010 году в России стартовал международный проект «Дорожная безопасность в 10 странах (RS-10)» [20, 52, 62, 212, 222]. Липецкий государственный технический университет изначально был подключен к Проекту в качестве партнёра Университета Джонса Хопкинса по исследованиям, включающим в себя мониторинг и анкетирование, призванным оценить отношение жителей Липецкой области к использованию ремней безопасности и детских удерживающих устройств. Весной 2011 года к мониторингу присоединился Ивановский государственный архитектурно-строительный университет.

В 2011 году в оба университета начали проведение исследований, включающих в себя мониторинг скоростного режима и анкетирование, призванные оценить отношение жителей Липецкой и Ивановской областей к нарушению скоростного режима движения транспортных средств.

В Липецкой области мониторинг проводился в 6 районах (Липецком, Елецком, Грязинском, Данковском, Усманском и Чаплыгинском) в городах, на дорогах регионального значения и на местных дорогах.

В Ивановской области мониторинг проводился в 7 районах (Ивановском, Вичугском, Тейковском, Шуйском, Приволжском, Родниковском и Фурмановском) в городах, на дорогах регионального значения и на местных дорогах.

По договорённости с Университетом Джонса Хопкинса в каждом раунде наблюдения велись в 18 точках в Липецкой области и в 21 точке в Ивановской области в течение 7 дней.

За время действия проекта в Липецкой области проведено 17 мониторингов использования ремней безопасности и детских удерживающих устройств, 14 мониторингов соблюдения скоростного режима в дневное время и 1 мониторинг скоростного режима в ночное время. В Ивановской области проведено 15 мониторингов использования ремней безопасности и детских удерживающих устройств и 12 мониторингов соблюдения скоростного режима [222].

Общий объем исследований в каждом раунде суммарно составлял: при мониторинге использования ремней безопасности и детских удерживающих устройств не менее 30000 наблюдений пользователей (водители, пассажиры, дети), при мониторинге скоростного режима – не менее 30000 автомобилей.

Анкетирование, призванное оценить отношение жителей к ремням безопасности и детским удерживающим устройствам и к нарушению скоростного режима движения транспортных средств, проводилось в Липецкой области соответственно 8 и 7 раз, в Ивановской областях - 9 и 6 раз. Всего в каждом раунде проводилось не менее 600 опросов по использованию ремней безопасности и детских удерживающих устройств и по соблюдению скоростного режима [222].

В настоящее время общепризнанными факторами риска, которые соотносятся с предотвращением травм в ДТП и могут быть использованы для исследований в области мониторинга и оценки, являются пять ключевых факторов риска [22]:

- ✓ Скорость;
- ✓ Вождение в нетрезвом состоянии;

- ✓ Мотоциклетные шлемы;
- ✓ Ремни безопасности;
- ✓ Детскиедерживающие устройства (ДУУ);
- ✓ Рассеянное вождение (телефонные разговоры за рулём)

Дополнительно необходимо учитывать фактор риска, связанный с пешеходами.

Передовой опыт по работе с основными факторами риска дорожно-транспортного травматизма для лиц, принимающих решение, изложен в специализированных руководствах [13, 156, 182, 201, 211].

Мониторинг и оценка состояния безопасности движения проводятся, в первую очередь, по фактическим данным о травматизме, и, во вторую очередь, по результатам правоприменительной практики.

Существует 3 общих подхода к мониторингу состояния безопасности движения:

1. Государственная статистика;
2. Социологические исследования;
3. Обсервационные исследования.

Государственная статистика осуществляется, как правило, министерствами внутренних дел (МВД) и здравоохранения.

По линии этих ведомств собираются фактические данные о числе ДТП, количестве раненых и погибших. Эти данные являются основными в оценке состояния уровня безопасности, но, не полностью отражают качество проводимой работы, например, ход выполнения Федеральной целевой программы, так как результаты из-за инерционных моментов, могут наступить позже.

Также, по линии МВД ведётся сбор данных о количестве выявленных нарушений правил дорожного движения. Эти данные позволяют оценить деятельность работников МВД в области

правоприменительной практики, но, как правило, не полностью отражают уровень правосознания пользователей дорог.

Социологические исследования позволяют оценивать не только уровень правосознания пользователей дорог, но и решать ряд важных сопутствующих задач, связанных с оценкой тех или иных мероприятий и кампаний, направленных на достижение выполнения правил безопасности дорожного движения пользователями дорог.

Социологические исследования предполагают:

- ✓ проведение полномасштабных, репрезентативных исследований до и после кампании;
- ✓ анализ и оценку ситуации до начала кампании или мероприятия (для чего);
- ✓ определение предполагаемой целевой аудитории (для кого);
- ✓ качественные и количественные исследования для уточнения характеристик целевой аудитории;
- ✓ оценку и анализ эффективности кампании или мероприятия с помощью фокус-групп;
- ✓ разработку рекомендаций по повышению эффективности мероприятий или кампаний с проверкой на фокус-группах.

Социологические исследования позволяют:

- ✓ оценить текущее поведение;
- ✓ выявить отношение социального окружения;
- ✓ определить охват аудитории;
- ✓ выявить мотивы/барьеры, определяющие поведение;
- ✓ определить наиболее эффективные каналы коммуникации;
- ✓ оценить изменение поведения по завершению кампаний или мероприятий.

Основное преимущество использования социологических исследований – возможность оценки на основе изменения поведения

пользователей дорог как отдельных мероприятий, так и всей программы в целом. Недостатком является вероятность неискренних ответов участников опросов, однако она не высока, так как опросы и работа с целевой аудиторией предполагает анонимность.

Обсервационные исследования, позволяющие получить наиболее объективную оценку ситуации, по своей сути относительно просты и дешевы для проведения. Эти исследования рекомендованы в Докладе о состоянии безопасности дорожного движения в мире (2009 г.) для осуществления всеобъемлющего мониторинга [28].

Возможности использования того или иного вида исследований по основным факторам риска приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Мониторинг состояния БДД

	ФАКТОР РИСКА	*	**	***
Рекомендованные ВОЗ				
1	Скорость	●	●	● ¹
2	Вождение в нетрезвом состоянии	●	●	
3	Мотоциклетные шлемы	●	●	●
4	Ремни безопасности	●	●	●
5	Детскиедерживающие устройства	●	●	●
6	Рассеянное вождение (телефонные разговоры за рулём)	●	●	●
Дополнительно				
7	Пешеходное движение	●	●	●

Примечания: * Государственная статистика; ** Социологические исследования; *** Обсервационные исследования;

¹ При наличии специального оборудования.

Отдельно необходимо выделить такие факторы риска как скорость и вождение в нетрезвом состоянии.

Для определения уровня соблюдения скоростного режима с помощью обсервационных исследований требуется дополнительное оборудование, а, следовательно, дополнительные затраты. Однако исследования скоростного режима в пилотных районах Российской Федерации в рамках проекта RS-10 впервые позволили объективно оценить соблюдение скоростного режима на дорогах различной категории.

Косвенно уровень правоприменения законодательства о скоростном режиме можно оценить по количеству приборов, контролирующих скоростной режим, и динамике его роста. При этом важным элементом является и содержание законодательства. Например, в России есть два понятия – разрешённая скорость и превышение скорости, за которое не предусмотрено штрафов, или допустимая скорость. Разница между ними – 20 км/час. Кроме этого, в России до сих пор нет запрета на детекторы радаров, которые предупреждают водителей о наличии контроля скоростного режима, предоставляя возможность превышения скорости на неконтролируемых участках. Всё это значительно снижает эффект правоприменения законодательства.

Наибольшую сложность вызывает оценка уровня правоприменения законодательства о вождении в нетрезвом состоянии. Из доступных методов – государственная статистика и социологические исследования. В государственной статистике есть два вида данных о вождении в нетрезвом состоянии: число ДТП, совершенных по вине нетрезвых водителей и число выявленных водителей в нетрезвом состоянии при проведении рейдов ГИБДД, данные о которых представляются в виде абсолютных значений.

Данные, полученные в ходе рейдов, позволяют оценить уровень правоприменения законодательства о вождении в нетрезвом состоянии, для чего предлагается использовать следующую формулу

$$P = \frac{N_b}{N_o} \cdot 100, \quad (4.1)$$

где P – уровень правоприменения, выраженный в % и представляющий собой долю водителей, находящихся в нетрезвом состоянии;

N_b – число водителей, находящихся в нетрезвом состоянии;

N_o – общее число водителей, остановленных в период рейда.

Количественные данные, полученные в результате исследования того или иного фактора риска, могут быть основой для принятия решения о дальнейшей работе по повышению безопасности движения. Традиционно есть два пути нивелирования фактора риска. Первый – усиление надзорной деятельности по данному фактору риска. Носит, как правило, временный характер. Второй – информированность участников дорожного движения и формирование общественного мнения, направленного на создание атмосферы нетерпимости к конкретному фактору риска. Второй путь предполагает социологические исследования и создание медиапродуктов для воздействия на участников движения. Совместное использование двух направлений даёт наибольший эффект [222].

Глубина и качество мониторинга могут быть обеспечены только привлечением к проблемам научного сообщества. Предложенные исследования при условии, что будут проводиться на постоянной основе, дадут необходимую информацию для совершенствования законодательства, а также для развития, повышения эффективности и

оценки социального маркетинга, и являются важным элементом системной БДД.

4.2 Научно-практические подходы к формированию ответственного поведения участников дорожного движения

Дорожно-транспортный травматизм в Российской Федерации остаётся серьезной проблемой. Эффективным способом снижения аварийности является использование комплексного подхода к проблеме управления безопасностью дорожного движения (БДД), требующего совместной работы многих секторов (транспорта, полиции, здравоохранения, образования, средств массовой информации).

Государственная политика в области безопасности дорожного движения должна быть взаимосвязанной и строиться одновременно на правоприменительной практике, образовании, информационно – пропагандистских кампаниях. Реализация проекта «Дорожная безопасность в 10 странах (RS-10)» в 2010-2014 годах на территории Российской Федерации показала, что «социальный маркетинг в области обеспечения БДД стал эффективным средством повышения осведомленности и изменения поведения в группах риска, особенно в тех случаях, когда его использование сочеталось с эффективным правоприменением... Опыт данного проекта показывает эффективность комплексного подхода к профилактике дорожного травматизма и смертности путем принятия мер (в области межведомственного сотрудничества, законодательства, правоприменения и социального маркетинга) в отношении основных факторов риска» [222].

Социально-маркетинговая или информационная кампания по безопасности дорожного движения была определена консорциумом

CAST как целенаправленная попытка проинформировать, убедить или мотивировать людей изменить свое поведение и/или поведение с целью повышения уровня безопасности дорожного движения в целом, либо в отдельных аспектах, обычно нацеленная на четко очерченную большую аудиторию. Она, как правило, проводится в течение определенного периода времени, посредством организованной информационной деятельности, которая использует особые медиа каналы и часто сочетается с межличностной поддержкой и/или другими поддерживающими действиями такими, как принудительное исполнение законодательства, образование, законотворческая деятельность, повышение личных обязательств, вознаграждение и т.д. [197, 199, 202, 224]. Основная цель информационной кампании по безопасности дорожного движения – снижение дорожно-транспортного травматизма, основные задачи:

- 1) информирование о новых либо измененных законах;
- 2) улучшение знаний и осведомленности о рисках и т.п., а также о соответствующем превентивном поведении;
- 3) изменение глубинных факторов, которые влияют на поведение участника дорожного движения;
- 4) формирование или поддержание сознательного поведения, направленного на безопасность движения.

«С прагматической точки зрения дополнительной явной или неявной целью может быть информирование участников дорожного движения о том, что местные власти дали определение рискованному поведению на дороге и поставили приоритет по его снижению. В этом случае, кампания по безопасности дорожного движения может служить для поддержки политики местных властей в вопросах безопасности дорожного движения» [200].

«Исследования и подробные отчеты показали, что кампании, вероятнее всего, будут успешными, если они обращаются только к одному, четко обозначенному вопросу, и выбирают конкретную целевую аудиторию. Кроме того, важно, чтобы кампания основывалась на обширных исследованиях и соответствующих теоретических моделях, которые не только помогут определить основные прогнозы проблем поведения, но также и помогут в разработке главного сообщения (месседжа) кампании... Проведение кампаний должно основываться на прочном фундаменте: базах данных по статистике дорожно-транспортных происшествий и исследованиях (наблюдениях, замерах, теоретических моделях по прогнозированию и объяснению поведения, моделях изменения поведения). ... Обычно, статистика является точкой отсчета для определения темы кампании, поскольку она дает первоначальную информацию о целевой аудитории. Для достижения целевой аудитории и увеличения вероятности изменения ее поведения, практики, проводящие кампанию должны тщательно определить свою аудиторию. Определение целевой аудитории требует большого внимания к деталям и может быть сделано с помощью сегментации аудитории» [199].

На рисунке 4.1 показана схема, демонстрирующая концепцию предлагаемых научно-практических подходов к формированию ответственного поведения участников дорожного движения, в основе которой лежит использование теорий причинности ДТП, массовой коммуникации, модификации поведения и социально-научных методов [42, 108, 109, 133, 152].

Первоначальную информацию о целевой аудитории предлагается получать в двух форматах. Во-первых, необходимо вести сбор и по конкретным факторам риска (КФР):

количество аварий со смертельным исходом, где КФР был основным фактором возникновения ДТП;

количество и виды участников дорожного движения, погибших в результате КФР;

количество аварий, в которых были раненые, где КФР был основным фактором возникновения дорожно-транспортного происшествия;

количество аварий, где КФР был основным фактором возникновения ДТП;

возраст и пол всех, пострадавших в авариях по КФР.

Информацию по КФР можно получать с помощью соответствующей фильтрации данных ГИБДД о ДТП. Дополнительно необходимо использовать информацию, полученную в ходе плановой работы ГИБДД по выявлению нарушителей ПДД. Во-вторых, важной и доступной является информация о нарушениях ПДД, предшествующих возникновению ДТП, отражающую поведение участников дорожного движения в экстремальных ситуациях.

Область применения предложенных форматов первоначальной информацией может отличаться. Информация по КФР более эффективно может использоваться на региональном уровне и выше.

Информация, отражающая поведение участников дорожного движения, позволяет осуществлять сегментацию аудитории на муниципальном и региональном уровне.

При этом необходимо учитывать опыт реализации проекта RS-10 в России, показавший, что «информация в отношении факторов риска и поведения участников дорожного движения может различаться в зависимости от региона, что обуславливается размерами и разнообразием условий Российской Федерации» [222, с. 46].



Рисунок 4.1 - концепция научно-практических подходов к формированию ответственного поведения участников дорожного движения

4.3 Научно-практический метод оценки уровня безопасности на основе поведения участников дорожного движения

Высокий уровень дорожно-транспортного травматизма, аварийности и количества погибших людей в Российской Федерации требуют первостепенного внимания для устранения указанного негатива. Эффективным решения этой глобальной проблемы является использование предлагаемого научного подхода к организации управления системной БДД.

Выполнение Липецким государственным техническим университетом части проекта «Дорожная безопасность в 10 странах (RS-10)» и анализ полученных данных в 2010-2014 годах на территории России показал, что «социальный маркетинг в области обеспечения БДД стал эффективным средством получения и изменения поведения в группах риска, особенно в тех случаях, когда его использование сочеталось с правоприменением, уменьшения уровня дорожно-транспортного травматизма и смертности людей путем принятия мер в области межведомственного сотрудничества, законодательства, правоприменения и социального маркетинга» [222].

С целью повышения эффективности социального маркетинга в области повышения БДД разработан научно-практический метод, позволяющий выявлять особенности поведения групп водителей по различным признакам, таким как возраст, социальное положение, образование и т.п. Метод проиллюстрирован на поиске соответствий между возрастными группами водителей по видам нарушений ПДД. В основе метода лежит анализ соответствий, предназначенный для предварительного анализа данных [18]. Он позволяет в первую очередь исследовать структуры данных и не служит для проверки

статистических гипотез или установления причинно-следственных связей.

Анализ соответствий позволяет осуществить визуализацию, что существенно облегчает интерпретацию решения.

Наиболее полно поведение участников дорожного движения характеризуется видом нарушения ПДД, предшествующим возникновению дорожно-транспортного происшествия (ДТП). Далее используется группировка нарушений ПДД, приведённая во второй главе диссертации. Для выявления влияния на уровень БДД возраста водителей, совершивших ДТП, используются отчётные данные о ДТП за 2013-2014 гг. в г. Липецке.

Входной файл представляет собой матрицу частот (таблица 4.2): число переменных «группы нарушений ПДД» (столбцов в таблице) – 5; число наблюдений «возрастные категории водителей» (строк в таблице) – 5.

Таблица 4.2 - Абсолютные частоты нарушений ПДД водителями разных возрастных групп

Возраст, год	Количество нарушений ПДД по видам				
	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4	Группа 5
18-30	72	323	140	183	7
31-40	79	218	108	151	4
41-50	33	139	44	63	2
51-60	25	100	40	50	5
61 и более	13	56	18	15	10

Анализ соответствий выполняется с помощью соответствующего модуля системы STATISTICA. Одна из целей анализа – представление

показателей таблицы относительных частот (таблица 4.3) в виде расстояний между отдельными строками (столбцами) в пространстве возможно более низкой размерности. Пять чисел в каждой строке являются координатами 5-мерного пространства и значит можно вычислить расстояния между 5 точками (строками) этого пространства. Расстояния отражают всю информацию о сходствах между строками (чем меньше расстояние, тем больше сходство). Определяются относительные частоты для исходной таблицы так, что сумма всех элементов будет равна 1 (каждый элемент делится на общее число наблюдений). Полученная нормированная таблица показывает, как распределена единичная масса по ячейкам. Сумма по строкам (столбцам) дает массу строки (столбца). Инерция определяется как статистика хи-квадрат Пирсона, деленная на общее количество наблюдений. Критерий Пирсона основывается на том, что в двухходовой таблице ожидаемые частоты при гипотезе «между переменными нет зависимости» можно вычислить непосредственно [18].

Таблица 4.3 – Относительные частоты нарушений ПДД водителями разных возрастных групп

Возраст	Количество нарушений ПДД по видам				
	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4	Группа 5
18-30	0,037935	0,170179	0,073762	0,096417	0,003688
31-40	0,041623	0,114858	0,056902	0,079557	0,002107
41-50	0,017387	0,073235	0,023182	0,033193	0,001054
51-60	0,013172	0,052687	0,021075	0,026344	0,002634
61 и более	0,006849	0,029505	0,009484	0,007903	0,005269
Всего	0,116965	0,440464	0,184405	0,243414	0,014752

Пусть имеется двухмерная таблица сопряженности, состоящая из r строк и s столбцов. Обозначим n_{ij} – частоту, стоящую в таблице на пересечении строки i и столбца j . Тогда можно определить значения:

$$n_i = n_{i1} + n_{i2} + \dots + n_{is}, \quad i=1, 2, \dots, r; \quad (4.2)$$

$$n_j = n_{1j} + n_{2j} + \dots + n_{rj}, \quad j=1, 2, \dots, s. \quad (4.3)$$

Величины n_i и n_j называются маргинальными частотами, так как располагаются по краям таблицы частот. В анализе соответствий их называют профилями. Ожидаемая частота, соответствующая наблюдаемой частоте, определяется выражением [18]

$$q_{ij} = \frac{n_i n_j}{n}. \quad (4.4)$$

Статистика хи-квадрат Пирсона вычисляется по формуле [3.21]

$$\chi^2 = \frac{\sum (n_{ij} - q_{ij})^2}{n_{ij}}. \quad (4.5)$$

При достаточном количестве наблюдений распределение статистики хи-квадрат Пирсона приближается к распределению χ^2 , следовательно, можно вычислить приближенный p -уровень критерия. Анализ соответствий можно рассматривать как метод декомпозиции статистики хи-квадрат Пирсона с целью определения пространства наименьшей размерности. Чем более зависимы строки (столбцы), тем большее значение принимает статистика Пирсона и меньше p -уровень критерия (таблица 4.4).

Таблица 4.4 - Статистика χ^2 Пирсона

Возраст, год	Относительное количество нарушений ПДД по видам					
	Группа1	Группа2	Группа3	Группа4	Группа5	Всего
18-30	1,93202	0,04204	0,29750	0,24124	1,27685	3,78964
31-40	2,78220	3,32999	0,21696	1,58269	2,19806	10,1099
41-50	0,00054	1,87399	1,17945	0,42622	1,11034	4,59054
51-60	0,02084	0,09904	0,00798	0,23548	0,94844	1,31179
61 и более	0,00077	0,90131	0,34087	5,51551	42,1752	48,9337
Всего	4,73636	6,24637	2,04277	8,00115	47,7089	68,7356

Первичные результаты анализа соответствий: общий $\chi^2 = 68,7356$; общая инерция: 0,03621; число степеней свободы: $cc = 16$; уровень недостоверности связей: $p = 0,00000$.

Зависимость между возрастом водителей и видом нарушения ПДД присутствует (p -уровень критерия равен 0,00000), и очень значимая (p -уровень меньше, чем 0,05). Она оценена общей инерцией 0,03621, что соответствует коэффициенту связи (коэффициент сопряженности) $f = 0,16$, не достигшему порога умеренной связи 0,30. Это соответствует достоверности связи $1-0,00000=1$, выше критического значения 0,95.

Приняты следующие обозначения: P - матрица относительных частот, r – вектор сумм элементов строк матрицы P , c – вектор сумм элементов столбцов матрицы P , D_r - диагональная матрица, элементы главной диагонали которой равны соответствующим суммам элементов строк матрицы P , D_c – диагональная матрица, элементы главной диагонали которой равны соответствующим суммам

элементов столбцов матрицы P . Вычисление координат строк и столбцов в пространстве меньшей размерности базируется на обобщенном сингулярном разложении матрицы P , которое имеет вид [18]

$$P = AD_u B, \quad (4.6)$$

где A – матрица левосторонних обобщенных сингулярных векторов, D_u - диагональная матрица, диагональные элементы которой равны обобщенным сингулярным числам, B – матрица правосторонних обобщенных сингулярных векторов, тогда

$$AD_r^{-1}A = BD_c^{-1}B = I, \quad (4.7)$$

где I – единичная матрица.

При канонической стандартизации координаты строк вычисляются

$$F = D_r^{-1} A D_u, \quad (4.8)$$

а координаты столбцов

$$G = D_c^{-1} B D_u. \quad (4.9)$$

Минимальное число необходимых измерений по кумулятивной величине инерции, которая должна быть не менее 90%, составляет 2 (таблица 4.5). Это число измерений закрывает 95,1188% инерции.

Таблица 4.5 - Собственные значения и инерция всех измерений

Измерения	Сингул. значения	Собств. значения	Процент инерции	Кумулят. процент	χ^2
1	0,172568	0,02978	82,23049	82,2305	56,52159
2	0,068319	0,004667	12,88835	95,1188	8,85888
3	0,042011	0,001765	4,87352	99,9924	3,34984
4	0,001664	0,000003	0,00765	100	0,00526

Исходная информация охарактеризована двумя базисными ортогональными векторами, объясняющими пять категорий видов нарушений ПДД, совершаемых пятью возрастными группами водителей на 82,23% - первым, на 12,89% - вторым, а в сумме на 95,12%. В таблицах координат и вкладов в инерцию приведена информация, позволяющая оценить адекватность выбора размерности пространства для решения.

Столбец *Масса* содержит суммы по строкам для таблицы относительных частот. Наибольшее число наблюдений имеется в группе возрастная группа 18-30 лет (0,381981 или 38,2% от общего числа наблюдений), наименьшее число наблюдений в возрастной группе 61 и более лет (0,059009 или 5,90%).

В таблице 4.6 приведены координаты строк в пространстве размерности 2.

Столбец *Качество* содержит информацию о качестве представления точки-строки в координатной системе размерности 2. Качество изменяется в пределах от 0 до 1. Чем ближе значение к 1, тем выше качество. Низкое качество означает, что строка недостаточно хорошо представлена в пространстве размерностью 2. Наибольший

вклад вносят возрастные группы 61 и более лет, 51-60 лет, 31-40 лет. Наименьший вклад имеет возрастная группа 41-50 лет.

Столбец *Относительная инерция* (мера связи) представляет собой долю общей инерции, которая приходится на данную точку, и не зависит от размерности пространства. Наибольший вклад в оценку связей между возрастными группами водителей и видами нарушений ПДД вносит возрастная группа 61 и более лет (доля её вклада 0,711912). Наименьший вклад дала возрастная группа 51-60 лет (0,019085).

Столбцы *Инерция измерения* содержат относительный вклад соответствующей точки в инерцию, приходящуюся на рассматриваемое измерение – ось координат.

Столбцы *Косинус 2* содержат качество для каждой точки, обусловленное соответствующим измерением. Сумма этих величин для каждой строки по всем измерениям равна качеству этой точки – строки. Эти величины можно интерпретировать как корреляции точки с соответствующим измерением (квадрат косинуса угла между вектором с координатами точки и рассматриваемой осью).

В таблице 4.7 приведены координаты столбцов в пространстве размерности 2. Для оценки соответствия между возрастными группами водителей по видам нарушений ПДД определим их положение в двумерном пространстве координат двух базисных векторов (первый вектор содержит 82,23% инерции, второй – 12,89%).

Для проведения графического анализа полученных результатов разработаны и предлагаются следующие научно-методические подходы. На графике отображаются точки-строки и точки-столбцы. Горизонтальная ось соответствует максимальной инерции. Пересечение двух осей является центром тяжести наблюдаемых точек, соответствующим средним профилям.

Таблица 4.6 - Координаты и вклад в инерцию строки

Возраст	Координ. - Измер.1	Координ. - Измер.2	Масса	Качество	Относит. - Инерция	Инерция - Измер.1	Косинус2 - Измер.1	Инерция - Измер.2	Косинус2 - Измер.2
18-30	0,04296	0,037604	0,381981	0,623599	0,055134	0,023673	0,353078	0,115723	0,270521
31-40	0,095072	-0,093178	0,295047	0,981575	0,147084	0,089553	0,500663	0,548825	0,480911
41-50	0,022262	0,098283	0,148051	0,621625	0,066785	0,002464	0,030336	0,306397	0,591289
51-60	-0,076303	0,010866	0,115911	0,996234	0,019085	0,022662	0,976433	0,002932	0,019801
61 и более	-0,659422	-0,045456	0,059009	0,99999	0,711912	0,861649	0,99526	0,026123	0,004729

Таблица 4.7 - Координаты и вклад в инерцию столбца

Вид нарушений ПДД	Координ. - Измер.1	Координ. - Измер.2	Масса	Качество	Относит. - Инерция	Инерция - Измер.1	Косинус2 - Измер.1	Инерция - Измер.2	Косинус2 - Измер.2
Группа 1	0,02241	-0,114034	0,116965	0,633033	0,068907	0,001972	0,023532	0,325867	0,609501
Группа 2	-0,04756	0,070658	0,440464	0,970960	0,090875	0,033460	0,302773	0,471137	0,668187
Группа 3	0,03874	-0,035874	0,184405	0,477676	0,029719	0,009295	0,257171	0,050846	0,220505
Группа 4	0,12435	-0,035962	0,243414	0,967465	0,116405	0,126382	0,892787	0,067447	0,074677
Группа 5	-1,29353	-0,163704	0,014752	0,997730	0,694094	0,828891	0,982002	0,084703	0,015728

Если точки принадлежат одному и тому же типу, то чем меньше расстояние между ними, тем теснее связь. Для определения связи между точками разного типа (между строками и столбцами), необходимо рассматривать углы между ними с вершиной в центре тяжести.

Общее правило визуальной оценки степени зависимости заключается в следующем. Рассмотрим две произвольные точки разного типа. Соединим их отрезками прямых с центром тяжести (точка с координатами 0,0). Если образовавшийся угол острый, то строка и столбец коррелированы положительно. Если образовавшийся угол тупой, то корреляция между переменными отрицательная. Если угол прямой, корреляция отсутствует [18].

Чтобы облегчить восприятие и сделать график самодостаточным, используем описанный ниже прием [174].

По сути, квадрат корреляции точки и оси является квадратом косинуса угла, образованного вектором точки и осью. Чем больше косинус, тем сильнее точка «притягивается» к оси, лежит в ее направлении. Любой угол меньше 45° соответствует вектору, лежащему ниже биссектрисы, т.е. более «притянутому» к оси X. Угол больше 45° соответствует вектору, лежащему выше биссектрисы, т.е.

более «притянутому» к оси Y. Косинус угла в 45° равен $\frac{\sqrt{2}}{2}$, а его квадрат

– 0,5. Квадрат косинуса, равный 0,5, означает, что половина инерции данной точки принадлежит к данной оси, а оставшаяся половина инерции относится к другой оси [174].

Для визуализации нужно изобразить на плоскостном графике соответствий четыре биссектрисы квадрантов. График, построенный таким образом, представлен на рисунке 1. Чтобы определить, какие группы видов нарушений ПДД связаны с тем или иным возрастным

интервалом, можно руководствоваться следующим: связанными можно назвать точки, попавшие в одни сектор [115].

Распределение точек разного типа следующее. Группы 1, 3 и 4 видов нарушений ПДД находятся в одном секторе с возрастной группой водителей 31-40 лет. Водителей в возрасте 18-30 лет и 41-50 лет объединяет группа 2 вида нарушений ПДД. Водители в возрасте 61 год и более находятся в одном секторе с группой 5. Группу водителей в возрасте 51-60 лет можно связать с группой 2 вида нарушений ПДД, так как прямые, проведённые из точки с координатами (0;0) в обозначенные точки образуют острый угол.

В результате проведённого анализа установлено, что водители: в возрасте 31-40 лет допускают ошибки маневрирования, несоответствие скорости условиям движения, другие виды нарушений; в возрасте 41-50 лет чаще всего нарушают предписания; в возрасте 61 год и более чаще других попадают в ДТП с участием пешеходов.

Ранее для принятия эффективных решений предложена ЭСБДД, где аргументирована необходимость наличия количественных характеристик показателей при анализе системы. В качестве количественного измерителя связи возрастных групп водителей с различными группами нарушений ПДД может быть использован коэффициент корреляции r , равный квадрату косинуса угла γ между прямыми, проведёнными из начала координат через сравниваемые между собой точки столбцов и строк. Угол γ в свою очередь определяется как разница углов α и β (рисунок 4.2). Для определения коэффициентов корреляции могут быть использованы данные таблиц 1 и 2 приложения 4.1. Результаты расчетов приведены в таблице 4.8.

Для принятия решения о необходимости проведения социально-маркетинговых исследований на основе анализа соответствий необходимо сформулировать правила с помощью ранжирования, то

есть условного деления диапазона изменения коэффициента корреляции на интервалы (таблица 4.9).

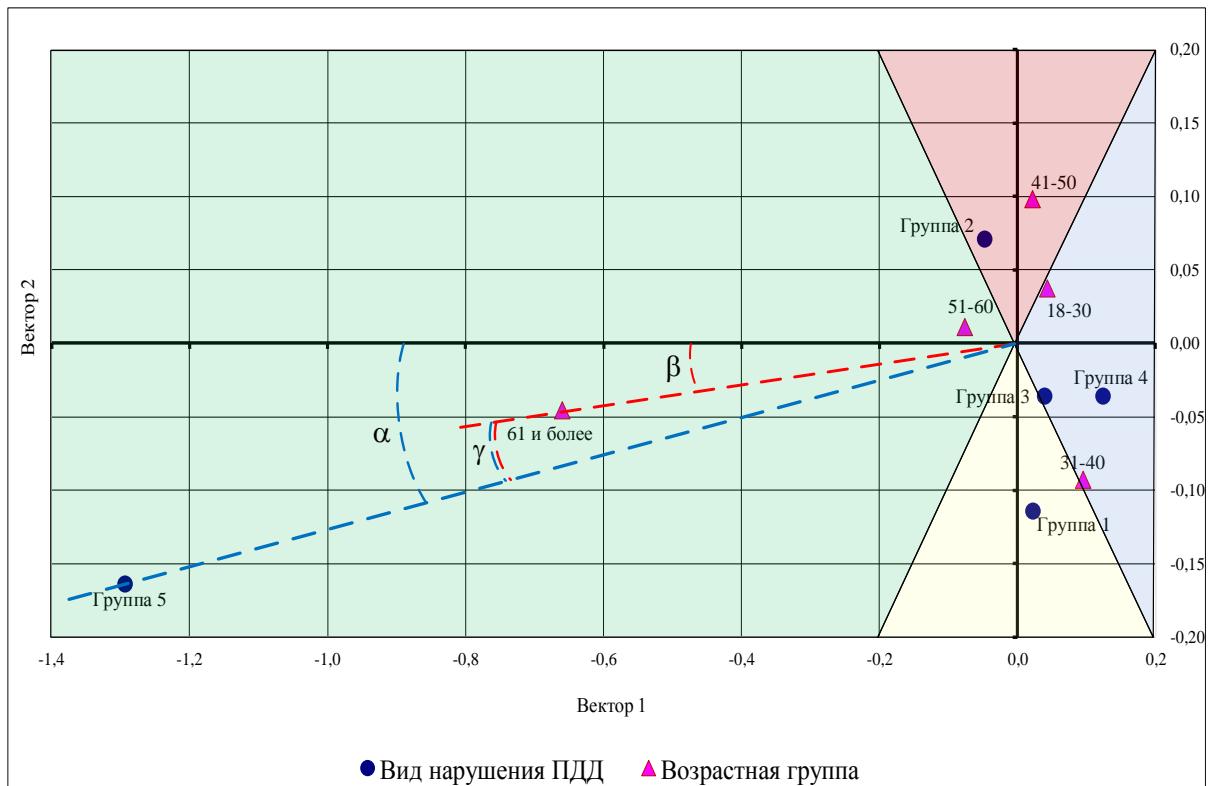


Рисунок 4.2 - График координат строк и столбцов

Таблица 4.8 - Коэффициент корреляции измерителя связи возрастных групп водителей с различными группами нарушений ПДД

Возраст	Виды нарушений ПДД				
	группа 1	группа 2	группа 3	группа 4	группа 5
18-30	-0,495	0,119	0,011	0,089	-0,485
31-40	0,651	-0,959	0,937	0,810	-0,368
41-50	-0,896	0,528	-0,122	-0,025	-0,093
51-60	-0,092	0,451	-0,864	-0,968	0,919
61 и более	-0,007	0,242	-0,680	-0,847	0,996

Таблица 4.9 - Ранжирование коэффициента корреляции

Уровень необходимости	Значение коэффициента корреляции r	Решение о проведении социально-маркетинговых исследований
«0»	$r \leq 0$	«Нет необходимости»
«1»	$0 < r \leq 0,25$	«Возможно»
«2»	$0,25 < r \leq 0,5$	«Желательно»
«3»	$0,5 < r \leq 0,75$	«Необходимо»
«4»	$r > 0,75$	«Обязательно»

Анализ данных таблицы 4.8 на основе ранжирования значений коэффициентов корреляции позволяет сделать следующие выводы:

- уровень необходимости «4» (социально-маркетинговые исследования проводить обязательно), что подтверждено нашими результатами: водители в возрасте 31-40 лет по группам нарушений 3 и 4 (несоответствие скорости условиям движения и другие виды нарушений) и водители в возрасте от 51 года и старше по группе нарушений 5 (нарушения, приведшие к травмам или гибели пешеходов);
- уровень необходимости «3» (социально-маркетинговые исследования проводить необходимо) так как установлено: водители в возрасте 31-40 лет по группе нарушений 1 (ошибки маневрирования) и водители в возрасте 41-50 лет по группе нарушений 2 (нарушение предписаний);
- уровень необходимости «2» (социально-маркетинговые исследования проводить желательно) определяет одну группу:

водители в возрасте 51-60 лет по группе нарушений 2 (нарушение предписаний);

- уровень необходимости «1» (социально-маркетинговые исследования проводить возможно) имеют две группы: водители в возрасте 18-30 лет по группам нарушений 2, 3 и 4 (нарушение предписаний, несоответствие скорости транспортных средств условиям движения и другие виды нарушений) и водители в возрасте от 61 года и старше по группе нарушений 2 (нарушение предписаний).

С другой стороны, группа нарушений 2 (нарушение предписаний) в той или иной степени характерна для водителей всех возрастов, кроме, водителей в возрасте 31-40 лет, что также требует внимания при разработке программ повышения безопасности дорожного движения.

Разработанные научно-методические подходы повышения уровня системной БДД на основе анализа соответствий позволяют решать следующие важные задачи:

- повышение уровня безопасности дорожного движения в России;
- уменьшение дорожно-транспортного травматизма, аварийности и количества погибших людей;
- существенное повышение эффективности социально-маркетинговых исследований;
- определение на научной основе уровня необходимости проведения социально-маркетинговой кампании;
- постоянный мониторинг и принятие эффективных оперативных решений по управлению системной БДД.

Можно ввести в анализ соответствий дополнительные переменные, такие как пол водителей, уровень образования, семейное положение, уровень материального обеспечения и т.п. Тогда для анализа потребуется воспользоваться модулем *Многомерный анализ соответствий* системы STATISTICA.

4.4 Влияние социально-маркетинговых кампаний на формирование ответственного поведения участников дорожного движения

«Динамично изменяющаяся обстановка на дорожной сети Российской Федерации требует соответствующих изменений складывающихся годами психологических стереотипов и моделей поведения водителей, своеобразной адаптации к новым условиям для обеспечения безошибочности работы и безопасности движения» [192, с.9].

Как показал опыт реализации проекта RS-10 в Российской Федерации, социологические методы позволяют разрабатывать и реализовывать эффективные мероприятия социального маркетинга, воздействовать на элементы модели «Знание – Отношение – Практика», а также существенно снижают риски не эффективной реализации мероприятий социального маркетинга. За время действия проекта в Липецкой и Ивановской областях было разработано и проведено 12 социально-маркетинговых кампаний, направленных на 3 фактора риска, таких как неиспользование ремней безопасности и детских удерживающих устройств и превышение разрешённой скорости [222]. Методология разработки и проведения социально-маркетинговых кампаний представлена на рисунке 4.3.

Перед каждой кампанией проводились исследования, включающие в себя сочетание метода фокус групп, позволяющий выявить мотивы рискованного поведения и барьеры, мешающие изменить поведение, с определением распространённости этих барьеров [222].

Результаты проведения социально-маркетинговых кампаний, основанные на данных регионального исследовательского агентства «Ромир Липецк», следующие.



Рисунок 4.3 – Цикл реализации социально-маркетинговых кампаний

Использование ремней безопасности.

За время реализации проекта RS-10 в России было проведено 6 соответствующих социально-маркетинговых кампаний под общим слоганом «Не разрывай линию жизни» [222].

Ключевым мотивом использования ремней безопасности является «обеспечение безопасности» (рисунок 4.4). Только для 16% водителей, использующих ремни безопасности, главным мотивом является штраф. Данные были получены в 2014 году по интервью 300 водителей.



Рисунок 4.4 - Мотивы использований ремней безопасности

По фактору риска, связанного с использованием ремней безопасности, были достигнуты существенные результаты. Если на первых этапах реализации проекта 44% водителей утверждали, что всегда используют ремни безопасности, то в конце проекта доля таких составила 82%. Для получение этой информации было опрошено по 300 водителей соответственно в 2012 и 2014гг.

Использование детских удерживающих устройств.

В результате двух кампаний социального маркетинга, проведённых в 2014 году под слоганом «Пристегни, а не то потеряешь» [222], доля водителей, всегда использующих ДУУ выросла с 80% до 85%. Разъяснение о правилах применения ДУУ привело к существенному сокращению доли водителей, использующих тип ДУУ, не соответствующий возрасту ребенка (рисунок 4.5).

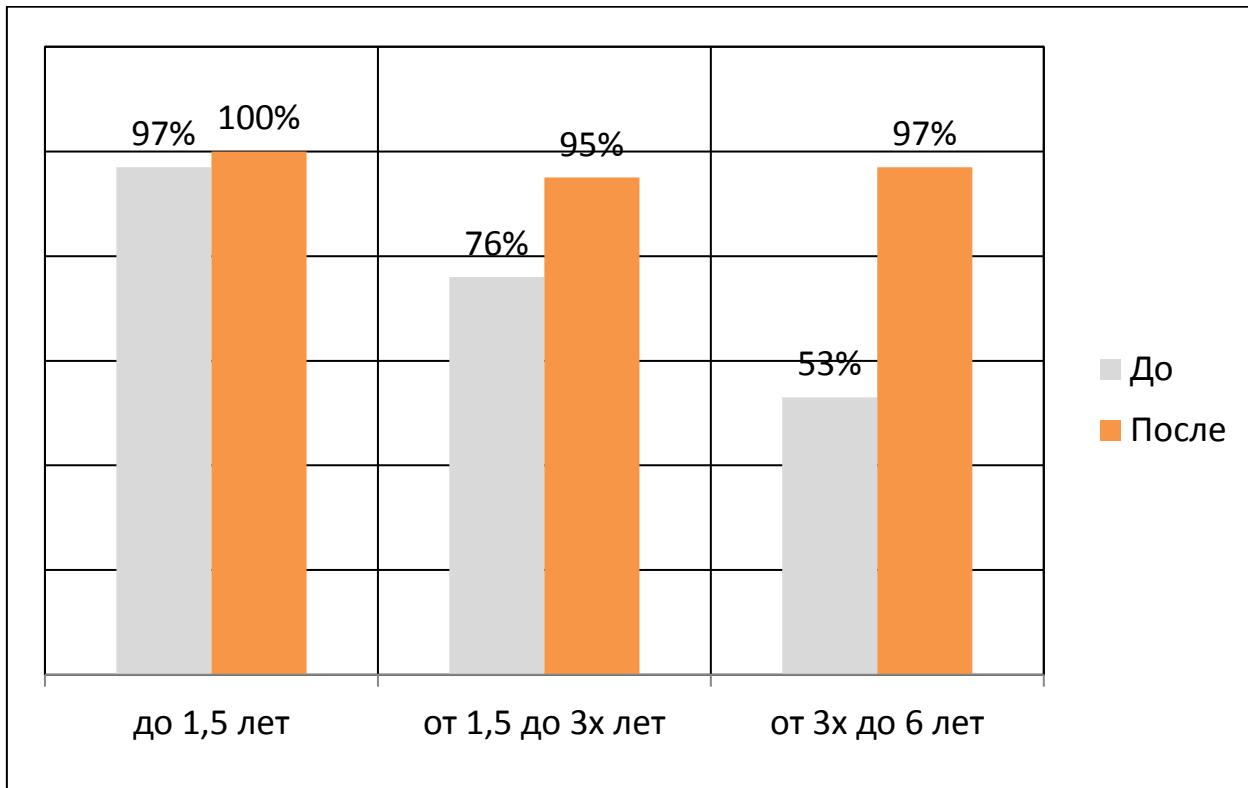


Рисунок 4.5 – Изменение до и после социально-маркетинговой кампании доли водителей, использующих ДУУ, соответствующих возрасту ребенка

Основной причиной изменения поведения стала потребность в обеспечении безопасности ребенка, а также влияние социальной рекламы и средств массовой информации (рисунок 4.6).

В социологических опросах по использованию ДУУ приняло участие 800 респондентов Липецкой и Ивановской областей.

Превышение скорости.

За период действия проекта RS-10 в России было проведено 4 социально-маркетинговых кампаний, направленных на убеждение водителей автотранспортных средств не превышать разрешённую скорость, под общим слоганом «Жизнь важнее скорости» [222]. В каждом исследовании опрашивалось не менее 300 респондентов.

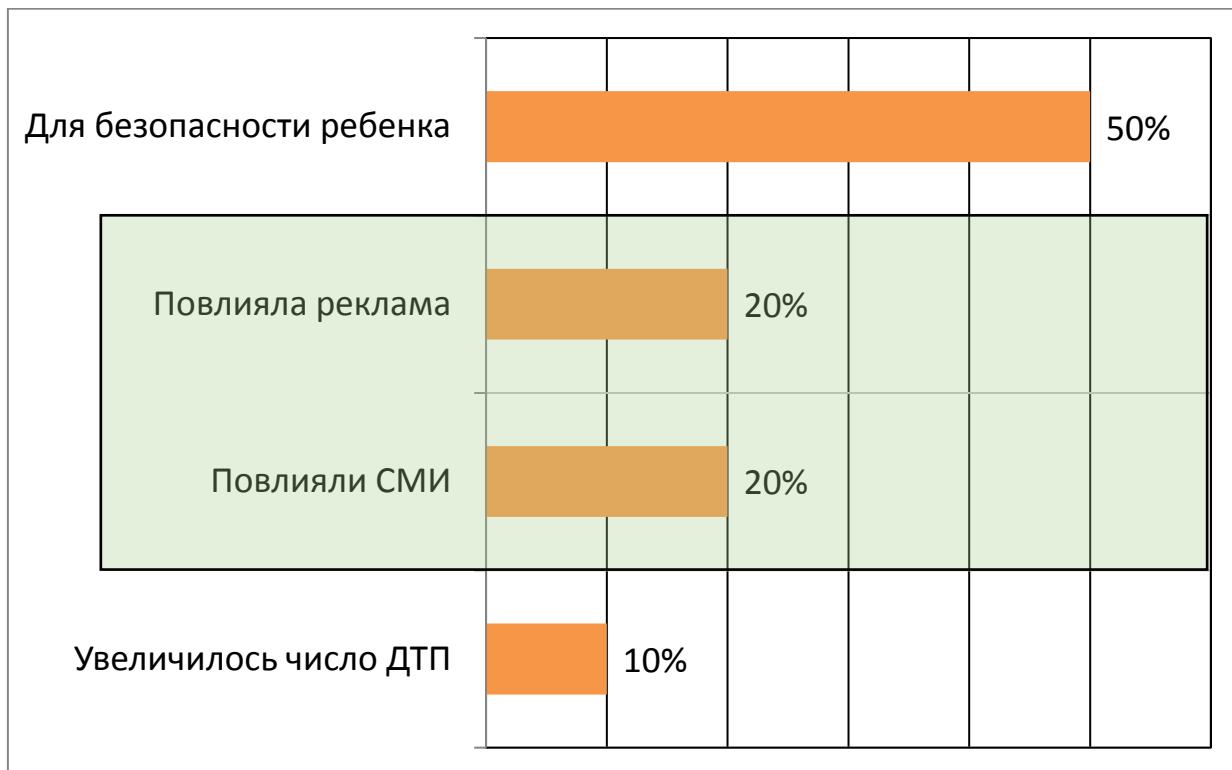


Рисунок 4.6 - Причины по которым ДУУ стали использовать чаще

Кампании социального маркетинга по этому фактору риска, приводили к существенному росту доли автомобилистов, заявляющих о соблюдении скоростного режима, однако законодательные изменения, принятые в августе 2013 г., в результате которых превышение скорости, не облагаемое штрафом, увеличилось с 10 до 20 км/ч [56], привели к ухудшению итоговых показателей (рисунок 4.7).

В результате проведения кампаний значительно изменилось мнение водителей о рисках, наступающих в результате превышения скорости (рисунок 4.8). Наблюдается рост доли автомобилистов, связывающих нарушения скоростного режима с увеличением риска наступления тяжелых последствий. Только количество водителей, осознавших, что превышение скорости может привести к летальному исходу, выросло более чем в 5 раз.



Рисунок 4.7 - Субъективная оценка соблюдения скоростного режима

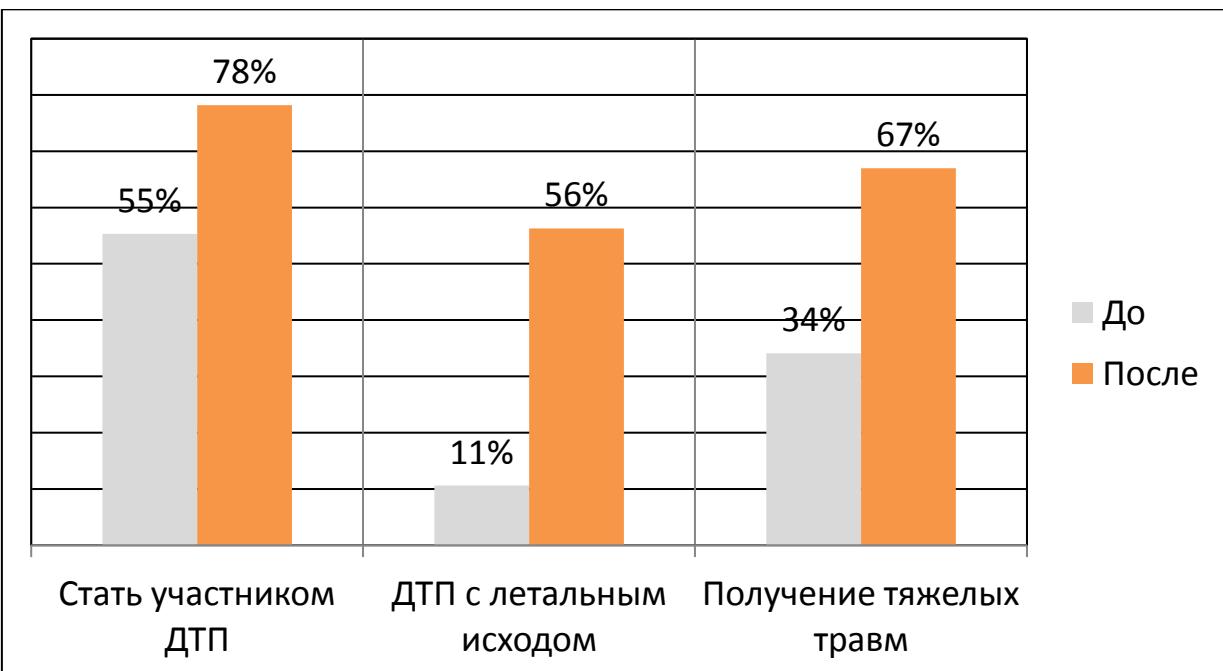


Рисунок 4.8 – Изменение мнения водителей о рисках превышения скорости

Представленные данные по всем трём факторам риска предполагают достаточную объективность, так как опросы водителей проводились анонимно, и свидетельствуют об эффективности влияния на поведение водителей социально-маркетинговых кампаний в сочетании с целенаправленной правоприменительной практикой.

Полученные результаты подтверждаются обсервационными исследованиями, проведёнными совместно Университетом Джонса Хопкинса (США), Липецким Государственным техническим университетом и Ивановским государственным политехническим университетом [52, 196, 204, 223]. На рисунках 4.9, 4.10 и 4.11 показана динамика изменения соответственно использования ремней безопасности (водители и пассажиры), ДУУ и соблюдения разрешённой скорости с указанием периодов проведения социально-маркетинговых кампаний и правоприменительной практики.

На рисунке 4.11 в период после августа 2013 г. наблюдается увеличение числа водителей, превышающих разрешённую скорость. Ранее упоминалось, что причиной этого послужило изменение законодательства. Необходимо отметить на примере ситуации в Липецкой области, что при этом увеличилась доля тех водителей, кто превышал разрешённую скорость в новом установленном коридоре, т.е. не более, чем на 20 км/ч (рисунок 4.12). Доля же водителей, превышающих разрешённую скорость в диапазоне штрафных санкций осталась неизменной.

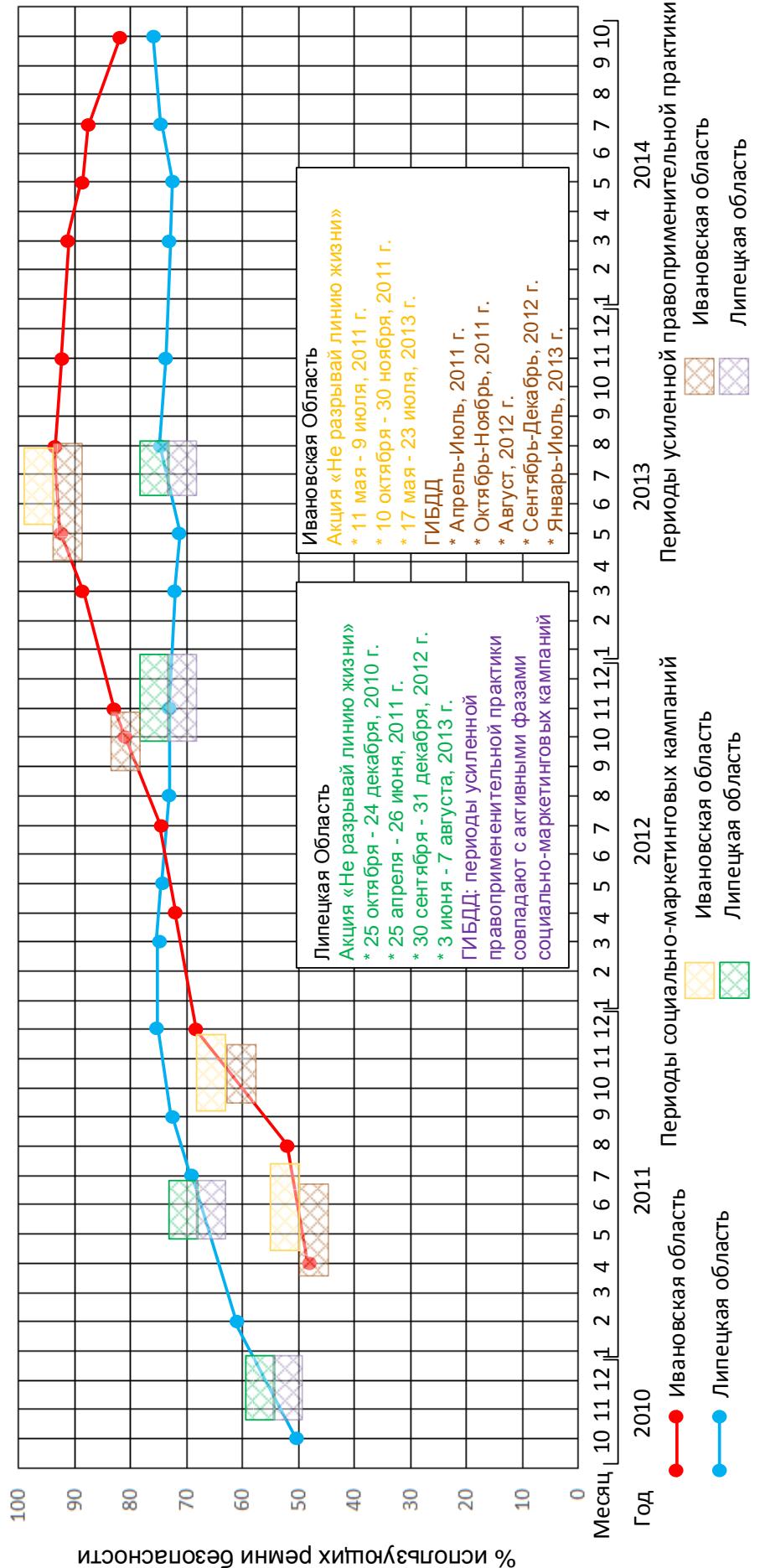
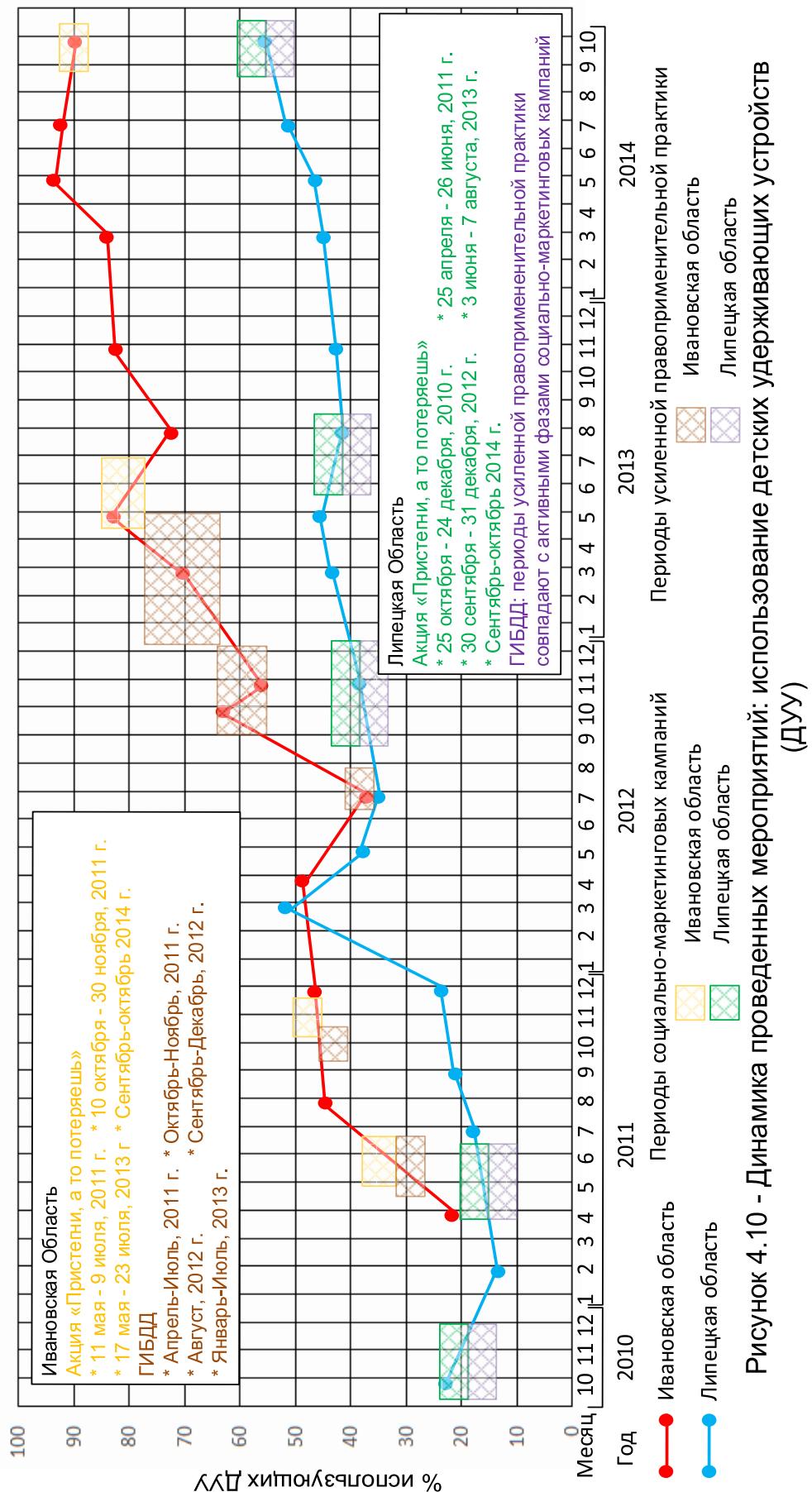


Рисунок 4.9 - Динамика проведенных мероприятий: использование ремней безопасности



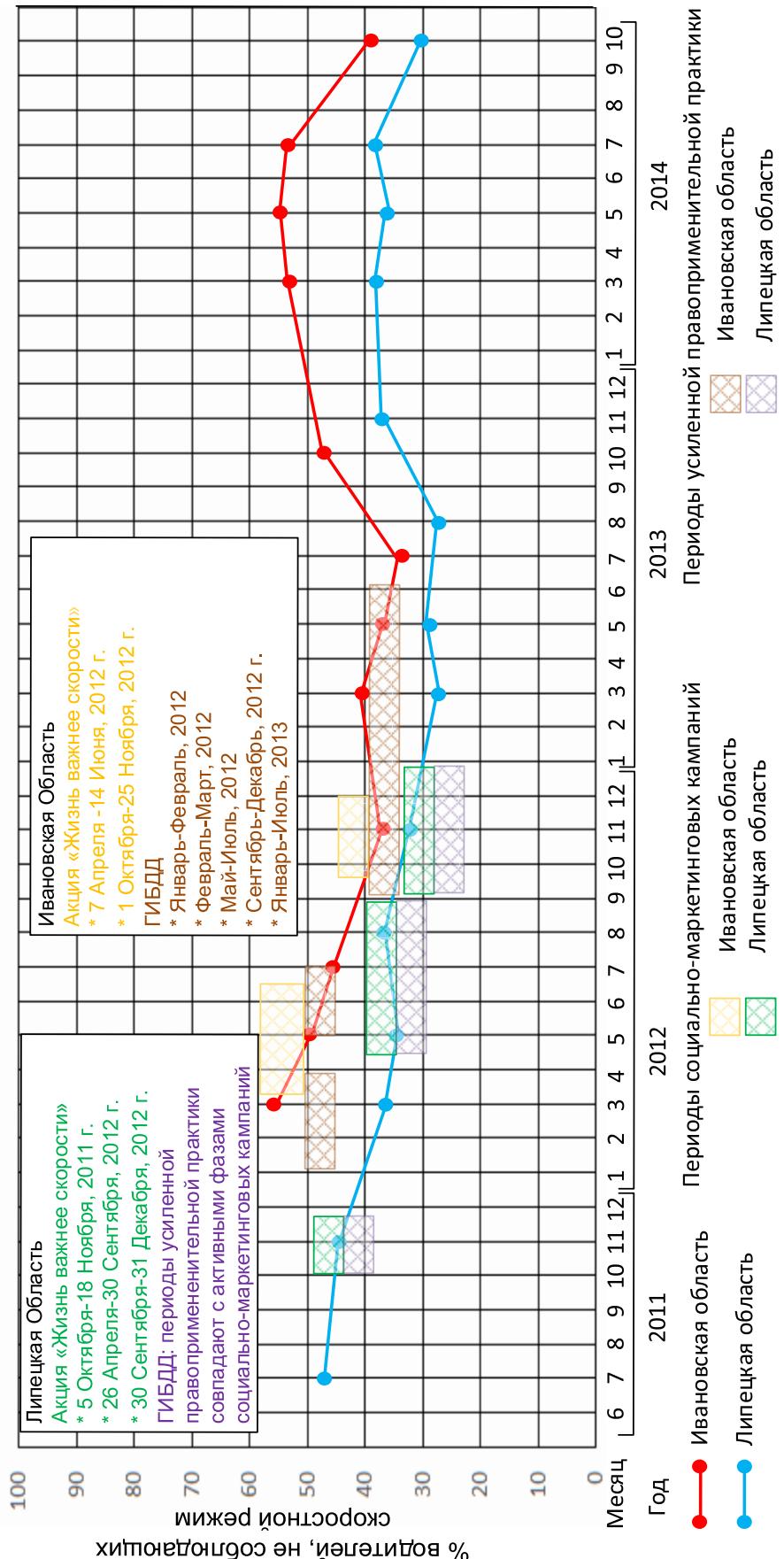


Рисунок 4.11 - Динамика проведенных мероприятий: соблюдение скоростного режима

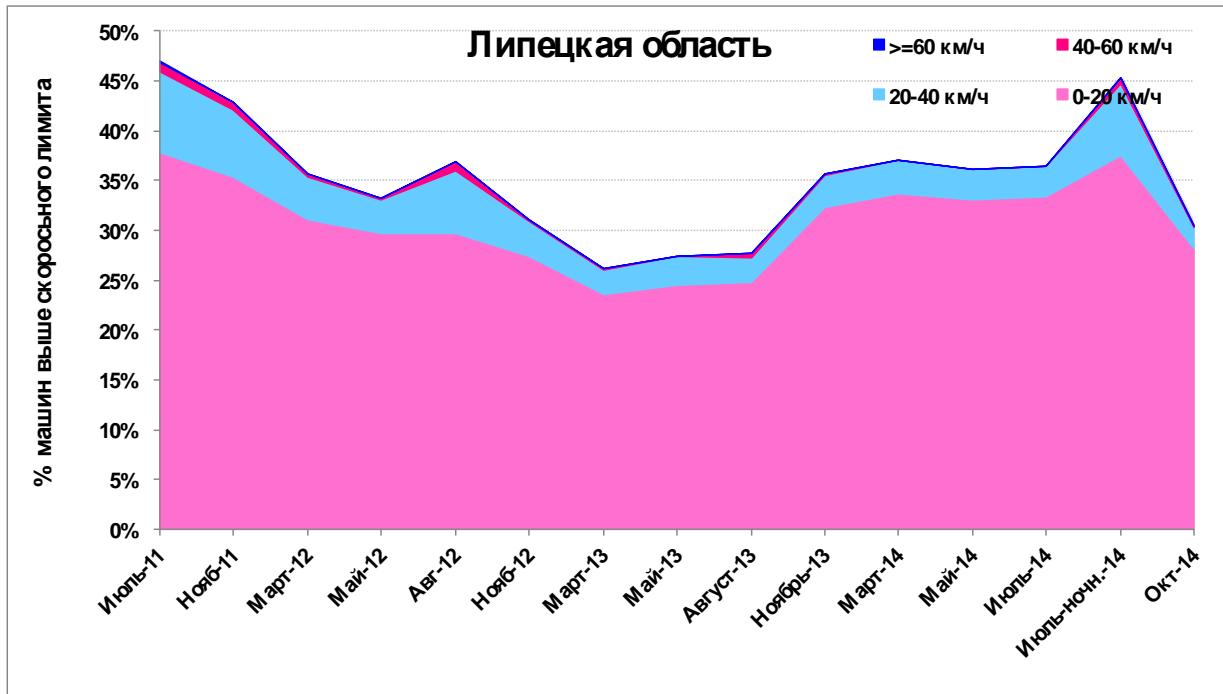


Рисунок 4.12 – Результаты обсервационных исследований: количество водителей, превышающих скоростной режим

Выводы по главе

1. Полноценный мониторинг состояния безопасности движения может быть обеспечен только одновременным использованием трёх видов исследований: государственной статистикой, социологическими исследованиями и обсервационными исследованиями.

Предложенные исследования должны проводиться на постоянной основе, что позволит получать необходимую информацию для совершенствования законодательства, выработки политики в сфере БДД, улучшения качества принимаемых решений, для развития, повышения эффективности и оценки социального маркетинга, и являются важным элементом системной БДД. Глубина и качество мониторинга, основанного на обсервационных исследованиях, могут

быть обеспечены только привлечением к проблемам научного сообщества.

2. Осуществлена систематизация обеспечения первичной информацией для сегментации аудитории. Предложено формировать информацию в двух форматах: вести сбор по конкретным факторам риска; использовать информационную базу ГИБДД о нарушениях ПДД, предшествующих возникновению ДТП и отражающую поведение участников дорожного движения в экстремальных ситуациях.

Определена область применения предложенных форматов первоначальной информации. Информация по КФР более эффективно может использоваться на региональном уровне и выше. Информация, отражающая поведение участников дорожного движения, позволяет осуществлять сегментацию аудитории на муниципальном и региональном уровне.

3. Разработан научно-практический метод определения особенностей поведения групп водителей по различным признакам, таким как возраст, социальное положение, образование и т.п. Метод проиллюстрирован на поиске соответствий между возрастными группами водителей по видам нарушений Правил дорожного движения (ПДД). В основе метода лежит анализ соответствий, предназначенный для предварительного анализа данных.

4. Предложенные научно-методические подходы повышения уровня системной БДД на основе анализа соответствий позволяют решать следующие важные задачи:

- повышение уровня безопасности дорожного движения в России;
- уменьшение дорожно-транспортного травматизма, аварийности и количества погибших людей;
- существенное повышение эффективности социально-маркетинговых исследований;

- определение на научной основе уровня необходимости проведения социально-маркетинговой кампании;
- постоянный мониторинг и принятие эффективных оперативных решений по управлению системной БДД.

5. Социологические исследования, проведённые в Липецкой и Ивановской областях в рамках проекта RS-10, свидетельствуют об эффективности влияния на поведение водителей социально-маркетинговых кампаний в сочетании с целенаправленной правоприменительной практикой.

Полученные результаты подтверждаются обсервационными исследованиями, проведёнными совместно Университетом Джонса Хопкинса (США), Липецким Государственным техническим университетом и Ивановским государственным политехническим университетом.

Глава 5

Социально-экономическая оценка эффективности мероприятий по предупреждению и снижению аварийности в условиях неопределённости

В данной главе использованы материалы совместных с д.т.н., проф. Корчагиным В.А., д.т.н., проф. Чернышевым В.И., к.т.н., доц. Суворовым В.А. разработок. Степень личного участия автора диссертации заключается в постановке цели, анализа и формулировании новых подходов к социально-экономической эффективности мероприятий по предупреждению и снижению аварийности. Автором диссертации разработаны теоретические положения и алгоритмы для решения задач выбора мероприятий, определения их эффективности и инвестиционной привлекательности. Доля личного участия автора диссертации в материалах главы 5 составляет 81%.

5.1 Выбор мероприятий по повышению БДД на участке УДС и их социально-экономическая оценка на основе теории нечётких множеств

Принятие управленческих решений по повышению БДД требует предварительной социально-экономической оценки эффективности планируемых мероприятий. Для решения этой задачи используют метод сравнительного анализа изменения числа ДТП, численности погибших, раненых и размера социального и материального ущерба за определенный период до и после внедрения мероприятий и рассчитывают средний показатель снижения числа ДТП в результате проведения мероприятий [154], что не позволяет осуществлять набор

наиболее эффективных мероприятий по повышению БДД. Причем управляющее решение приходится принимать в условиях неопределенности, когда появляется необходимость учета влияния различных рисков. «При разработке управленческих решений широкое использование находит метод сценариев, дающий возможность оценить наиболее вероятный ход развития событий и возможные последствия принимаемых решений» [116, с. 233]. Сценарный подход к анализу успеха реализации мероприятия по снижению вероятности ДТП предусматривает расчет трех вариантов развития: пессимистического, оптимистического и ожидаемого. Наиболее подходящим для рассматриваемой задачи предполагается использование метода сценариев, предложенного Абтом, Фостером и Ри [1].

Особенностью этого метода является то, что, в первую очередь, разработка сценариев относится скорее к анализу возможного, а не вероятного будущего, что предполагает возможность коррекции. Метод предусматривает отбор только тех переменных, которые имеют непосредственное отношение к развитию анализируемой системы, а также выбор среди множества возможных сценариев, наиболее пригодных для последующего анализа. В качестве показателей оценки приняты социально-экономический эффект и приведённые затраты [84]. Параметром, определяющим ограничение, наиболее целесообразно принять объём инвестиций (бюджет), выделяемый для реализации мероприятий.

Учитывая неопределённость, связанную с рыночной экономикой и субъективным восприятием эксперта, необходимо определить риски изменения принятых показателей. Для этого требуется ввести лингвистические переменные для оценки рисков социально-

экономических показателей: x_1 – оценка критериев риска. Терм-множество – число градации рисков $T\{\text{высокий, средний, низкий}\}$.

В этом случае значения показателей будет представлено в виде нечёткого числа. Нечёткое число $\mu_A(x)$ – это выпуклое нечеткое множество A , определяемое на множестве действительных чисел R с унимодальной функцией принадлежности (рисунок 5.1). Нечёткое число представлено в самом простом виде (треугольник). Оно может быть представлено более сложной зависимостью, что увеличит трудоёмкость расчётов, но не окажет существенного влияния на точность результата.

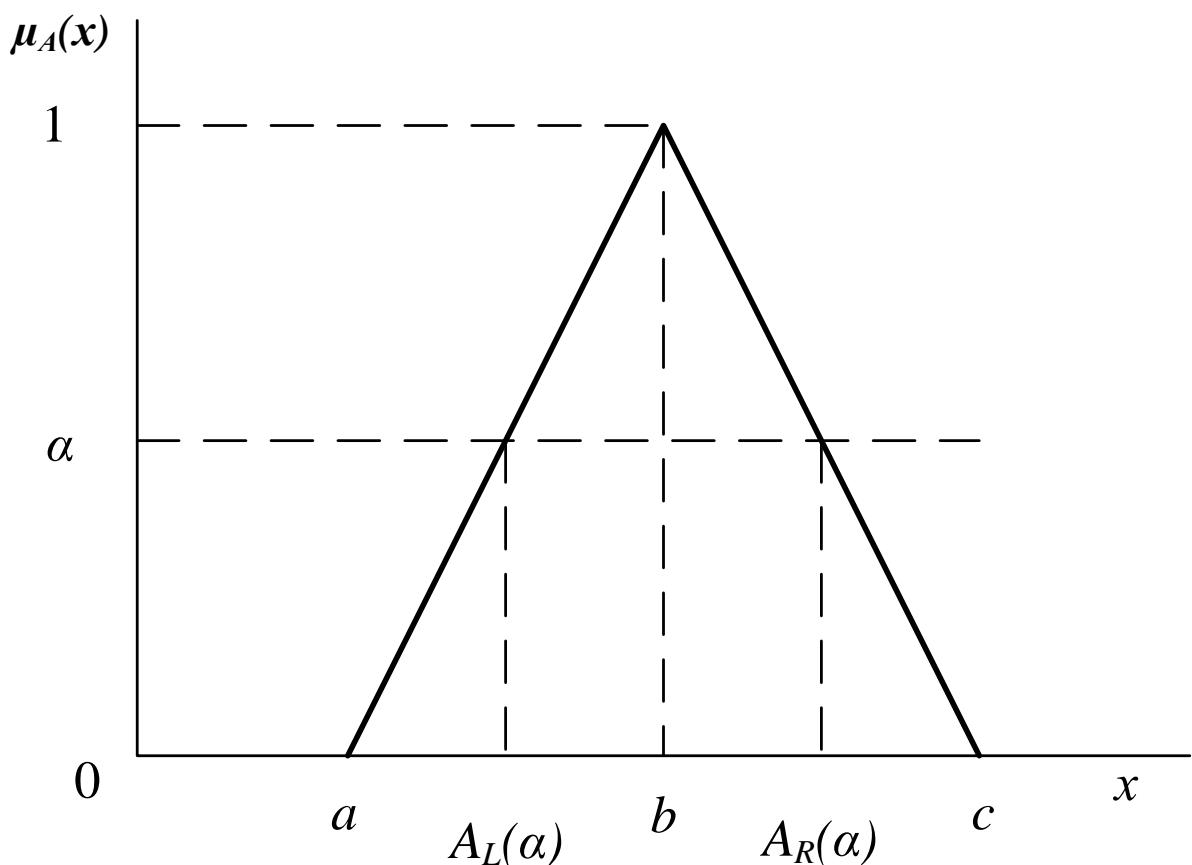


Рисунок 5.1 – Нечёткое треугольное число на α - уровне

Левая граница функции принадлежности a определяет пессимистический сценарий C_p для социально-экономической эффективности и бюджета, правая c – оптимистический C_o . Для приведённых затрат границы меняются местами. В точке b – ожидаемое значение C_e .

a – заданный минимальный уровень степеней принадлежности, определяющих субъективную оценку степени уверенности лица, принимающего решение, в возможности появления рисковых событий.

Областью определения множества α -уровня нечеткого множества A , обозначаемое A_α – это та часть его носителя, для элементов которой степень принадлежности данному нечеткому множеству не меньше α .

Множеством α -уровня ($0 \leq \alpha \leq 1$) является интервал $[A_L(\alpha), A_R(\alpha)]$.

Левая граница интервала: $A_L(\alpha) = a + (b - a)\alpha$ – расстояние между левой границей и 0. Правая граница интервала: $A_R(\alpha) = c - (c - b)\alpha$ – расстояние между правой границей и 0.

Формальная постановка задачи.

Имеется P показателей, которые должны быть оценены и проанализированы по величине рисков по n критериям (рисунок 5.2). Для оценки рисков и весов привлекаются m экспертов. В качестве экспертов выступили работник ГИБДД, работник Управления дорог и транспорта, работник финансового управления, научный работник, профессиональный водитель. Оценка критерия i и его веса осуществляется экспертом j в качественной форме, отображаемой в нечёткое число [110]. Экспертные оценки приведены в таблицах 1, 2, 3, 4, 5 и 6 *Приложения Л*. Методика обработки экспертных оценок приведена в разделе 2.5 главы 2. В качестве примера перевода качественных оценок риска и веса в нечёткое число и расчета комплексной оценки представлены данные для бюджета соответственно в таблицах 1, 2 и 3 *Приложения М*.



Рисунок 5.2 - Показатели и параметры экономической оценки и критерии риска

Для линейной оценки расстояния между нечеткими конечными множествами используется обобщенное расстояние Хемминга, рассчитываемое по формуле (2.16), которое определяется для нечетких множеств **A** и **B**, заданных на одной и той же области определения. Результаты расчётов приведены в таблице 5.1.

Для определения расстояния между нечетким числом и нечеткими множествами, составляющими совокупность термов, необходимо преобразовать нечеткие числа в лингвистические переменные. Тот терм, для которого расстояние будет минимальным, определяет лингвистическую оценку риска для показателя, которая

используется для коррекции функции принадлежности, определяющей область существования социально-экономического показателя. Чем выше уровень риска негативного изменения параметра, тем больше значение $\mu_A(x)$. При $\mu_A(x) \Rightarrow 1$ величина C_e должна смещаться к величине C_p .

Таблица 5.1 – Оценка рисков экономических показателей

Показатель	Расстояние Хемминга			Лингвистическая оценка
	Низкий риск	Средний риск	Высокий риск	
Приведённые затраты	10,06	5,8	5,6	Высокий риск
Социально-экономический эффект	8	2,666667	9,566667	Средний риск
Объём инвестиций (бюджет)	9,129167	1,479167	8,420833	Средний риск

Величина смещения C_{ec} вычисляется с помощью линейной интерполяции:

для эффекта и бюджета по формуле

$$C_{ec} = C_e - (\tau - 1) \frac{C_e - C_p}{T-1}; \quad (5.1)$$

для затрат (стоимости) – по формуле

$$C_{ec} = C_e - (\tau - 1) \frac{C_p - C_e}{T-1}, \quad (5.2)$$

где τ – лингвистическая оценка риска (0 – «низкий», 1 – «средний», 2 – «высокий»);

T – число градаций риска ($T = 3$).

В качестве примера использованы данные по организации дорожного движения и аварийности на улице Гагарина, являющейся одной из наиболее аварийных улиц г. Липецка [69, 70]. Перечень мероприятий следующий: установка светофорного объекта на пешеходном переходе (М1); установка пешеходного ограждения (М2); обустройство островков безопасности (М3); приведение расположения пешеходного перехода у остановки МТС в соответствии с нормативными требованиями (М4); обустройство заездного кармана для маршрутных транспортных средств (М5). В таблице 5.2 приведены пессимистичные, ожидаемые и оптимистичные значения социально-экономических показателей для каждого мероприятия. Значения приняты по рекомендациям экономистов Управления дорог и транспорта Липецкой области.

На улице Гагарина выявлено 11 объектов - мест концентрации ДТП, данные по которым приведены в таблице 5.3. Ущерб от пострадавших рассчитывался по данным исследований НИУ ВШЭ [157], ущерб от механических повреждений транспортных средств – исходя из средних выплат по ОСАГО. Показатель социально-экономический эффект от реализации мероприятий рассчитывался как предотвращённый ущерб в зависимости от варианта развития: 100% - оптимистический, 75% - ожидаемый, 50% - пессимистический.

Таблица 5.2 – Значения социально-экономических показателей мероприятий

	Показатель	Мероприятие					
		M1	M2	M3	M4	M5	
1	Приведённые затраты, руб.	Оптим.	72000000	3200000	96000	200000	6000000
		Ожид.	120000000	4400000	144000	400000	8000000
		Пессим.	168000000	6000000	192000	600000	10000000
2	Социально экономический эффект, руб.	Оптим.	36530000	4566250	91325	456625	4566250
		Ожид.	27397500	2739750	68494	182650	2739750
		Пессим.	18265000	913250	45663	91325	913250
3	Объём инвестиций (бюджет), руб.	Оптим.	50000000	3000000	80000	180000	4000000
		Ожид.	30000000	2000000	60000	150000	3000000
		Пессим.	10000000	1000000	30000	100000	2000000

Таблица 5.3 – Данные по местам концентрации ДТП на улице
Гагарина г. Липецка

Номер объекта	Дом	Пострадавшие		Повреждённые транспортные средства		
		Раненых	Погибших	В ДТП с пострадавшими	В ДТП с материальным ущербом	Итого
1	15	4	0	4	14	18
2	21	2	1	5	16	21
3	33	2	0	2	28	30
4	49-А	1	0	2	32	34
5	71	1	0	1	7	8
6	74-Б	1	0	2	30	32
7	83	3	0	4	73	77
8	101	3	0	4	40	44
9	110-Б	2	0	3	17	20
10	151	0	1	1	20	21
11	161/2	0	1	1	89	90

На рисунках 5.3 и 5.4 в качестве примера представлены нечёткие оценки риска соответственно увеличения приведённых затрат и снижения социально-экономического эффекта для комплекса мероприятий повышения уровня БДД на объекте 1. На рисунке 5.5

показано графическое отображение нечёткой оценки риска снижения объёма инвестиций, выделенных для реализации мероприятий.

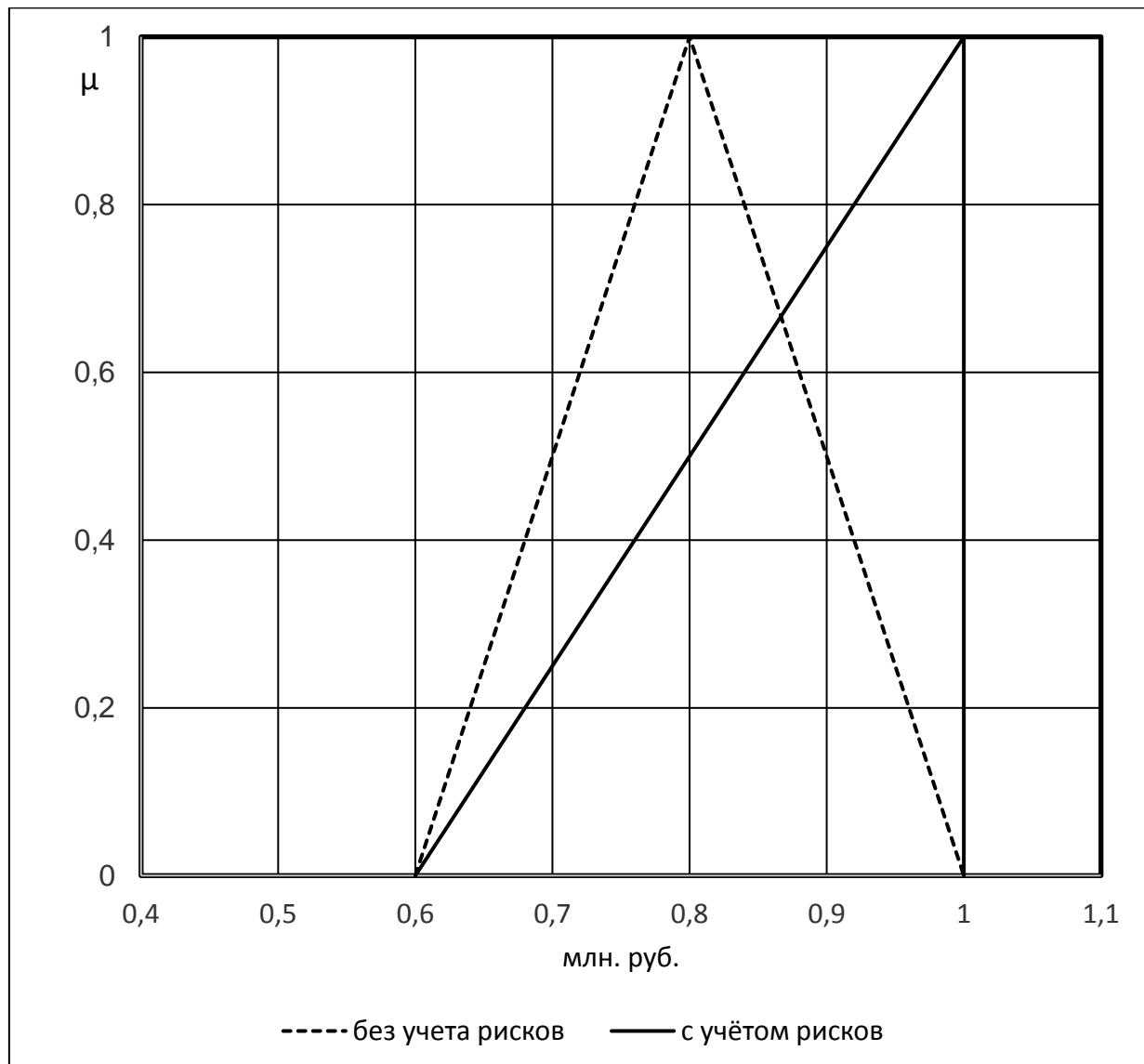


Рисунок 5.3 – Нечёткая оценка приведённых затрат на реализацию комплекса мероприятий

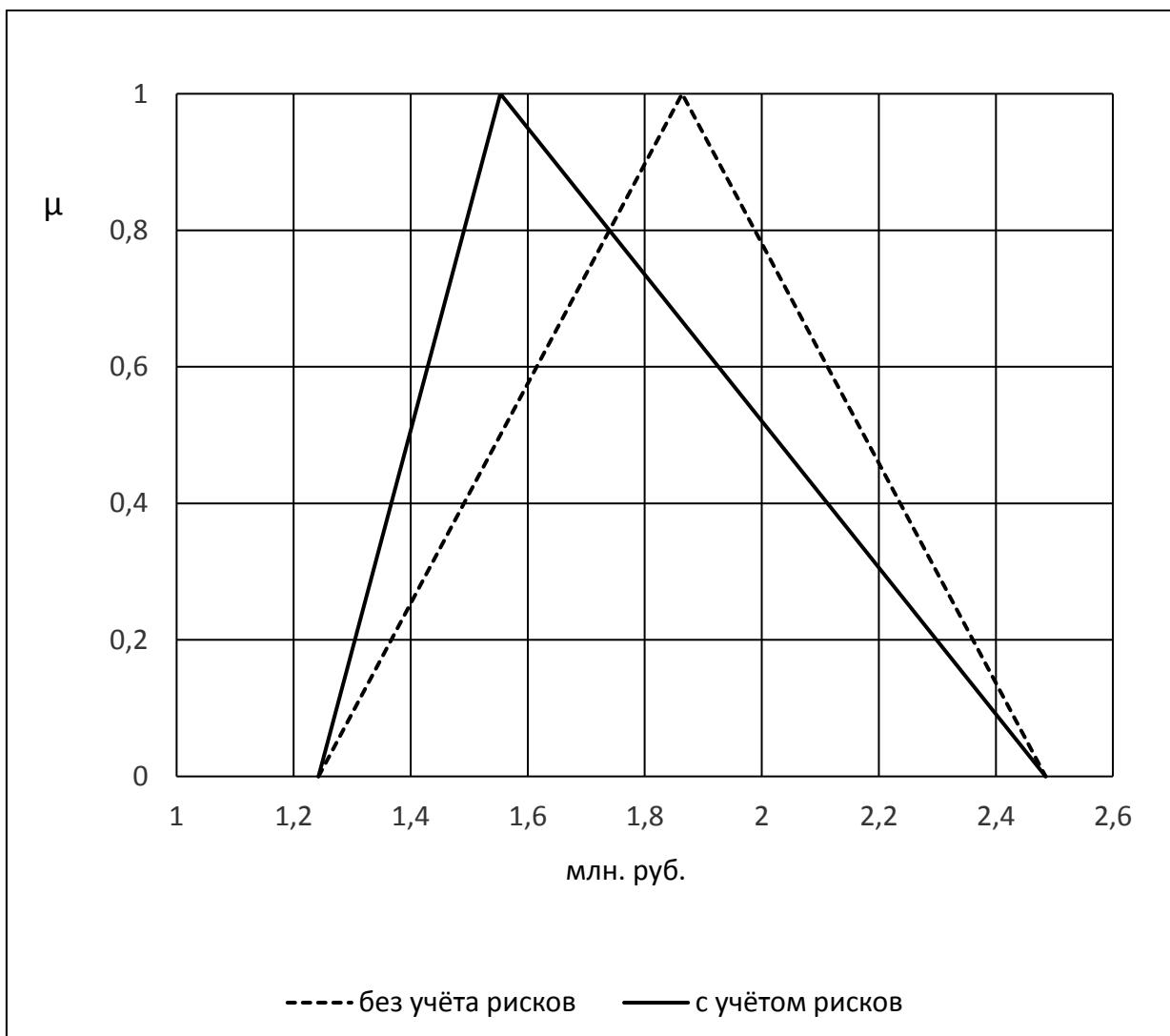


Рисунок 5.4 - Нечёткая оценка социально-экономического эффекта от реализации комплекса мероприятий

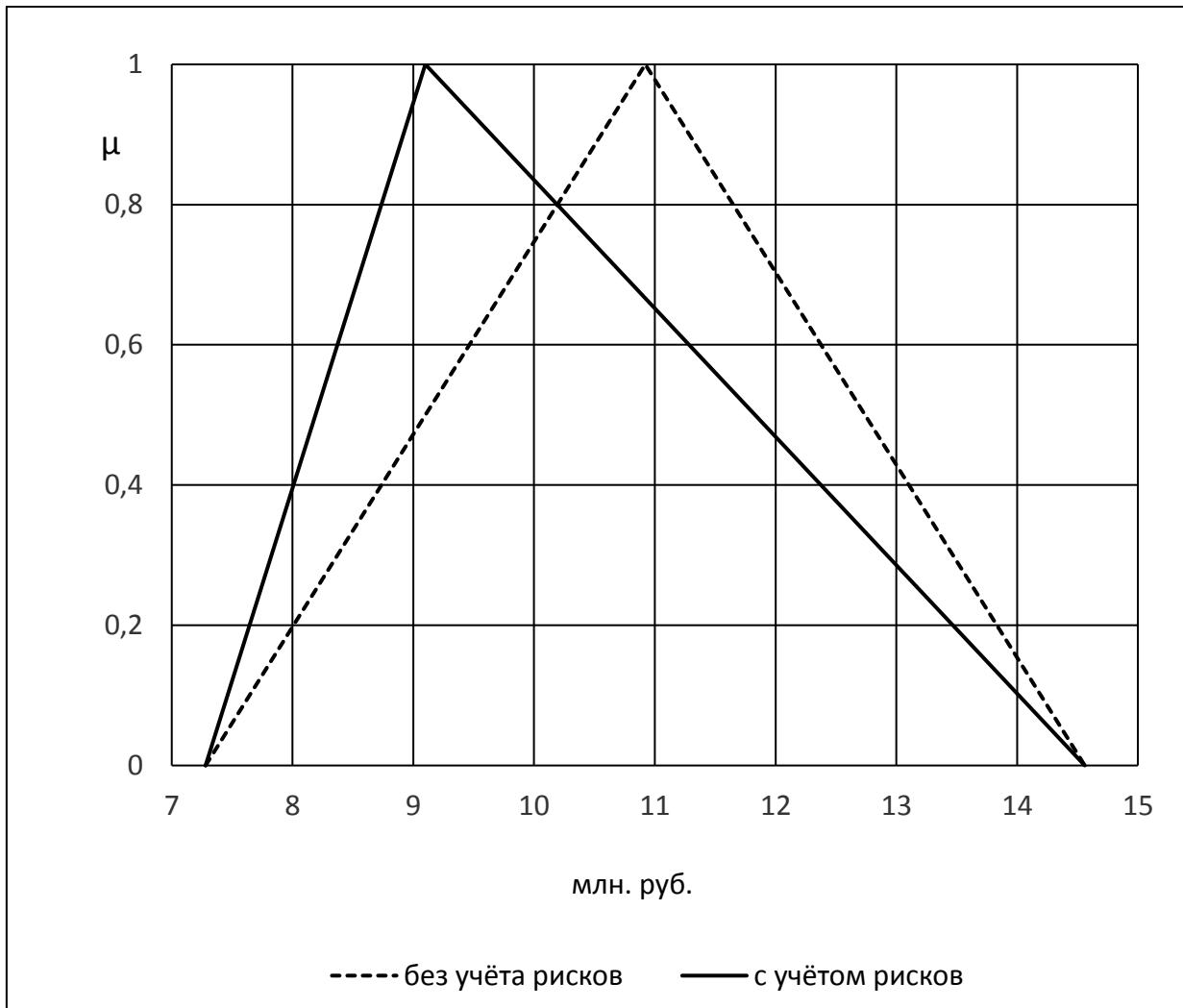


Рисунок 5.4 - Нечёткая оценка объёма инвестиций на реализацию комплекса мероприятий

В результате приведённых расчетов получены данные для следующего этапа принятия решений – определение группы комплексов мероприятий по повышению уровня БДД в местах концентрации ДТП в условиях ограниченного бюджета.

5.2 Социально – экономическая оценка эффективности реализации мероприятий по повышению БДД на участке УДС

В условиях неопределённости с учётом возможных изменений объёмов инвестиций для выработки управляющего решения необходимо решить задачу нечёткого линейного программирования (рисунок 5.3) [124, 139]:

$$C_\alpha(X) = \sum_{i=1}^m e_i x_i \rightsquigarrow \max \quad (5.3)$$

при условии

$$\sum_{i=1}^m s_i x_i \leq B, \quad (5.4)$$

где $C_\alpha(X)$ – нечеткий эффект от реализации комплекса мероприятий на уровне α ($x_i = 0$, если мероприятие не реализуется, $x_i = 1$, если мероприятие реализуется);

m – количество объектов, на которых предполагается реализовывать мероприятия по повышению БДД;

e_i – нечеткий социально-экономический эффект от реализации мероприятий на i -ом объекте;

s_i – нечеткие приведенные затраты на реализацию мероприятий на i -ом объекте;

B – нечёткий бюджет, выделяемый на реализацию всех мероприятий.

Операция « \leq » понимается в нечетком смысле. Символ \rightsquigarrow означает, что среди всех векторов X необходимо найти такой вектор X^0 ,

для которого $C_\alpha(X^0) \geq C_\alpha(X)$ в соответствии с нечеткой операцией «больше или равно на уровне α ».



Рисунок 5.5 – Алгоритм решения задачи выработки
управляющего решения

Задача нечёткого линейного программирования решалась с помощью надстройки *Microsoft Excel* «Поиск решения». Для этого был

сделан переход от «размытой» постановки задачи к чёткой с помощью продукционных правил «*Если-То*» [26], определяемых лицом, принимающим решение. Если допускается реализация мероприятия не в полном объеме, то можно заменить требование целочисленности решения более мягким требованием $0 \leq x_i \leq 1$.

Приняты следующие продукционные правила:

1. *Если*: риск превышения приведённых затрат низкий.

То: использовать левую границу нечеткого множества на уровне а.

2. *Если*: риск превышения приведённых затрат средний.

То: использовать ожидаемое значение.

3. *Если*: риск превышения приведённых затрат высокий.

То: использовать правую границу нечеткого множества на уровне а.

4. *Если*: риск снижения социально-экономического эффекта низкий.

То: использовать правую границу нечеткого множества на уровне а.

5. *Если*: риск снижения социально-экономического эффекта средний.

То: использовать ожидаемое значение.

6. *Если*: риск снижения социально-экономического эффекта высокий.

То: использовать левую границу нечеткого множества на уровне а.

7. *Если*: риск снижения объёма инвестиций низкий.

То: использовать правую границу нечеткого множества на уровне а.

8. *Если*: риск снижения объёма инвестиций средний.

To: использовать ожидаемое значение.

9. *Если:* риск снижения объёма инвестиций высокий.

To: использовать левую границу нечеткого множества на уровне а.

В таблице 5.4 приведён выбор границ, соответствующих принятым правилам для решения задачи нечёткого линейного программирования.

Таблица 5.4 – Границы значений нечётких значений социально-экономических показателей

Правило	Приведённые затраты	Социально-экономический эффект	Объём инвестиций
1	Л*	О**	О
2	О	О	О
3	П***	О	О
4	П	П	О
5	П	О	О
6	П	Л	О
7	П	О	П
8	П	О	О
9	П	О	Л

* Значения левой границы

** Ожидаемое (среднее) значение

*** Значения правой границы

Для выделенных объектов концентрации ДТП определён комплекс необходимых мероприятий по повышению БДД: заездной карман на остановке маршрутного транспорта требуется на объектах 1, 3, 5, 7-11), регулируемый пешеходный переход (объекты 2, 4, 6, 7, 9, 10), островок безопасности (объекты 4, 9, 10), пешеходное ограждение (объекты 2-10) (см. таблицу 5.5). Значения объёма инвестиций приняты следующие: пессимистичный – 7,28 млн. руб.; ожидаемый - 10,92 млн. руб.; оптимистичный - 14,56 млн. руб.

Таблица 5.5 – Значения социально-экономических показателей комплекса мероприятий в местах концентрации ДТП

Номер объекта	Приведённые затраты			Социально-экономический эффект		
	оптим.	ожид.	пессим.	оптим.	ожид.	пессим.
1	0,6	0,8	1	2,485	1,864	1,243
2	1,2	1,8	2,4	10,216	7,662	5,108
3	0,8	1,1	1,4	1,679	1,259	0,840
4	1,12	1,68	2,24	1,235	0,926	0,617
5	0,8	1,1	1,4	0,694	0,521	0,347
6	1,3	1,95	2,6	1,193	0,895	0,597
7	2	2,9	3,8	3,185	2,388	1,592
8	0,7	0,95	1,2	2,498	1,874	1,249
9	2,82	4,03	5,24	1,471	1,103	0,737
10	2,52	3,58	4,64	9,161	6,870	4,580
11	0,7	0,95	1,2	10,596	7,947	5,298

Далее для примера используется правило «Если: риск превышения приведённых затрат низкий - То: использовать левую границу нечеткого множества». Результаты вычислений сведены в таблицу *Приложения Н*. Решение задачи для уровня $\alpha = 0,9$ приведено на рисунке 5.6.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
1														
2														
3	Задача линейного программирования													
4	Номера объектов													
5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
6	Эффекты от реализации проектов (правые границы)													
7	1,553163	6,384954	1,049568	0,771772	0,433788	0,745773	1,990332	1,561353	0,919574	5,725367	6,622324			
8	Решение задачи													
9	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0,803975	1			
10	Затраты на реализацию проектов													
11	0,96	2,28	1,34	2,128	1,34	2,47	3,62	1,15	4,998	4,428	1,15			
12														
13														
14														
15	Суммарные затраты			Бюджет			Целевая ячейка							
16	9,1			9,1			20,72484							
17														
18														

Рисунок 5.6 – Решение задачи с помощью надстройки *Microsoft Excel* «Поиск решения»

Анализ результатов расчёта показал, что при затратах, соответствующих ожидаемому значению бюджета (9,1 млн. руб.), реализация всего комплекса мероприятий возможна на объектах 1, 2, 8, 11. На объекте 10 реализация комплекса мероприятий осуществляется на 80,4%.

Для объективной оценки принятия решения рекомендуется использовать интегральный показатель – величина социально-экономического эффекта k_α , полученная на 1 руб. приведенных затрат:

$$И_{п} = \mathcal{E}_\alpha / S_{пра}, \quad (5.5)$$

где $\mathbf{Э}_\alpha$ – социально-экономический эффект, руб.;

$S_{\text{пра}}$ – приведенные затраты на реализацию мероприятий на уровне α , руб.

Интегральный показатель рассчитывается для каждого уровня α (таблица 5.6). Полученные данные для дальнейшего анализа представляются в виде графика (рисунок 5.7), где выделены области, соответствующие ранжированию степени уверенности или информированности лица, принимающего решение, в экономических рисках при реализации мероприятий: $0 < \alpha \leq 0,2$ – «не уверен»; $0,2 < \alpha \leq 0,5$ – «слабо уверен»; $0,5 < \alpha \leq 0,8$ – «недостаточно уверен»; $0,8 < \alpha \leq 1$ – «уверен».

Таблица 5.6 – Значения интегрального показателя в зависимости от α -уровня

α -уровень	Значение интегрального показателя		
	Пессимистичное	Ожидаемое	Оптимистичное
0	1,33634	1,670425	4,893898
0,1	1,406382	1,7151	4,460017
0,2	1,481253	1,763397	4,089454
0,3	1,561567	1,815775	3,769343
0,4	1,648042	1,872776	3,490095
0,5	1,741362	1,934846	3,244171
0,6	1,832817	1,992192	3,013094
0,7	1,932048	2,05537	2,805273
0,8	2,028994	2,113535	2,602413
0,9	2,120058	2,163325	2,401608
1	2,219089	2,219089	2,219089

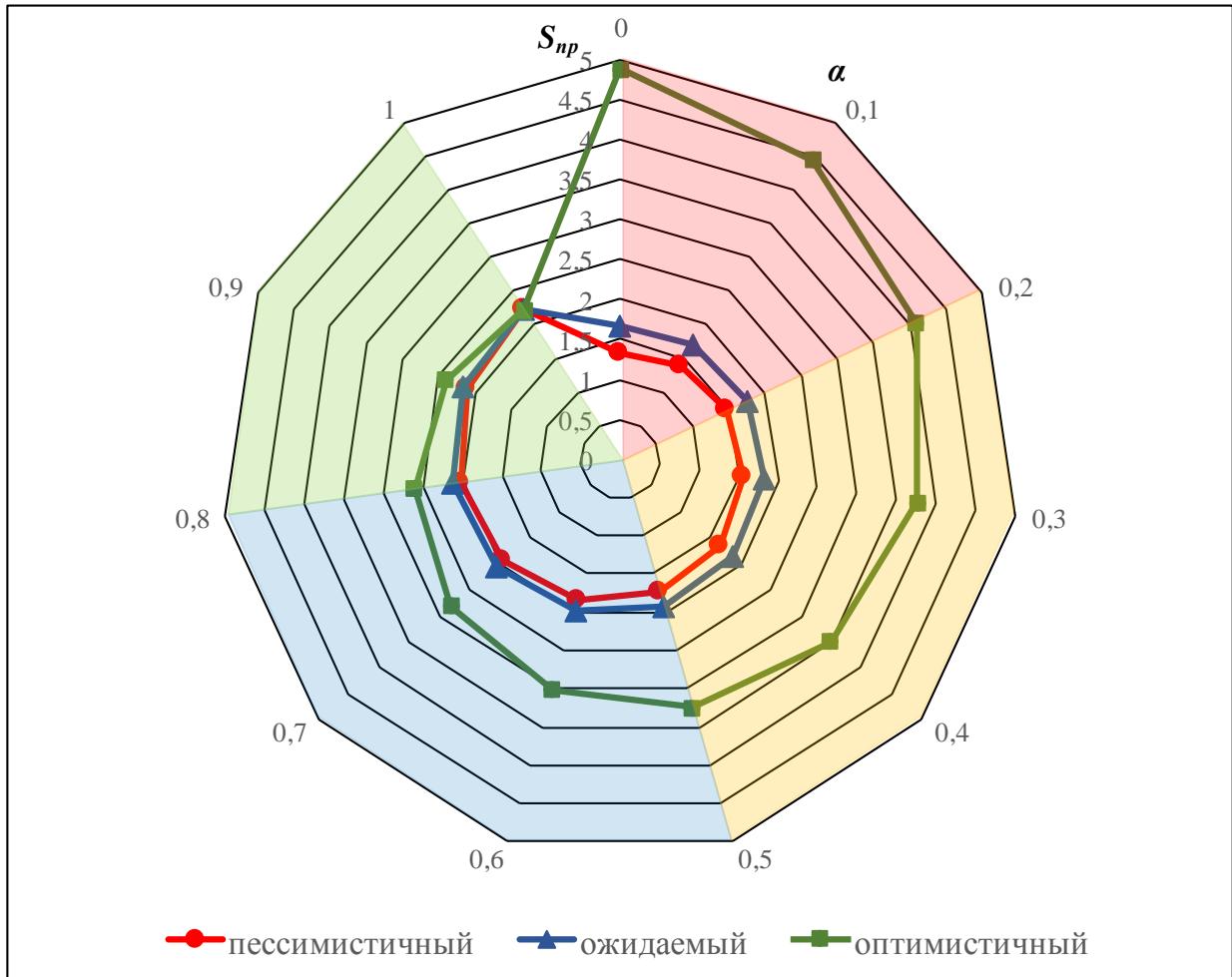


Рисунок 5.7 – Зависимость интегрального показателя от α -уровня

В зависимости от степени уверенности «размытость» значений интегрального показателя I_{np} может изменяться в широких пределах. Так, например, при уровне $\alpha = 0,1$ значения лежат в пределах от 1,41 до 4,46, а при уровне $\alpha = 0,9$ – находятся в диапазоне от 2,12 до 2,40. Создание базы данных, аккумулирующей результаты реализованных мероприятий, позволит существенно повысить значимость и точность социально-экономической оценки.

Разработанный научно-прикладной инструментарий социально-экономической оценки и отбора наиболее эффективного комплекса мероприятий по повышению безопасности дорожного движения в

условиях неопределённости согласуется с методологией ЭСБДД, но может быть использован самостоятельно. Применение полученных научных результатов обеспечивает возможность качественной оценки мероприятий по БДД, главная цель которых – спасение человеческих жизней и снижение дорожно-транспортного травматизма.

5.3 Оценка инвестиционной привлекательности реализации мероприятий по БДД на УДС города в условиях ограниченного бюджета

Формирование региональных целевых программ по повышению уровня БДД и снижению аварийности, выбор соответствующих мероприятий в условиях ограниченного бюджета является задачей, требующей научного подхода, обеспечивающего обоснованность принимаемых решений.

Метод оценки инвестиционной привлекательности реализации мероприятий по БДД приведён на примере повышения безопасности пешеходного движения, схема алгоритма метода представлена на рисунке 5.8. В качестве оценочных параметров приняты инвестиционные затраты, социально-экономический эффект и удобство реализации (возможность сохранения движения при реализации мероприятия). В таблице 5.7 приведён перечень мероприятий и их совместимость с параметрами. Под совместимостью с параметрами понимается возможность соответствовать их наиболее качественным значениям.

Исходные требования к мероприятиям следующие: инвестиционные затраты должны быть низкими; социально-экономический эффект должен быть высоким; удобство реализации должно быть удовлетворительным.

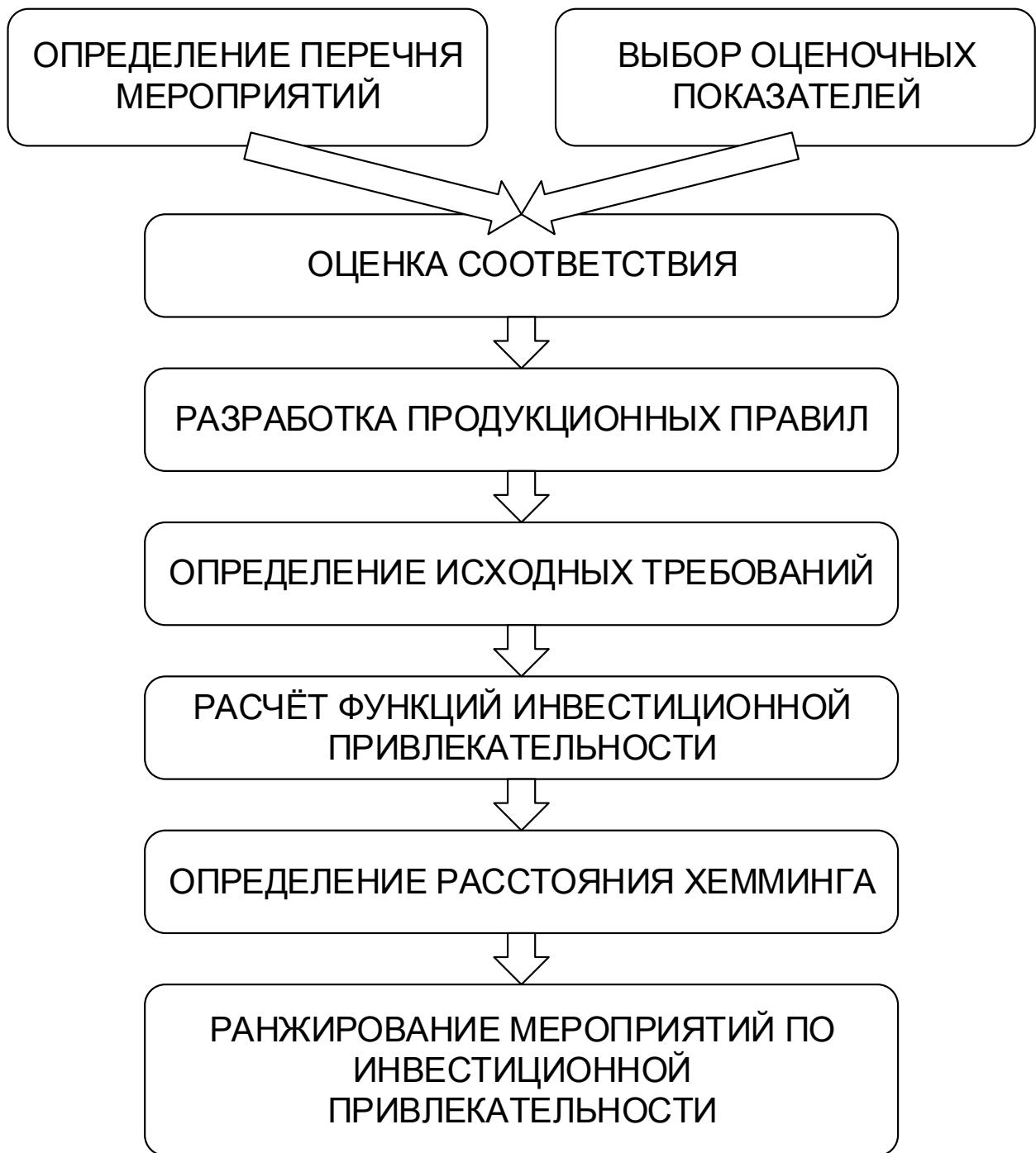


Рисунок 5.8 – Алгоритм метода оценки инвестиционной привлекательности реализации мероприятий по БДД

Таблица 5.7 - Перечень мероприятий и их совместимость с параметрами

Мероприятия	Затраты	Социально-экономический эффект	Условия реализации
1 Нерегулируемый пешеходный переход	средние	низкий	удовлетворительные
2 Регулируемый пешеходный переход	высокие	высокий	удовлетворительные
3 Установка пешеходного ограждения	низкие	средний	хорошие
4 Нанесение разметки на пешеходном переходе	средние	средний	удовлетворительные
5 Обеспечение нормативной видимости	высокие	высокий	хорошие
6 Обустройство островков безопасности	средние	низкий	удовлетворительные
7 Приведение расположения пешеходных переходов у остановок маршрутных транспортных средств к нормативному	высокие	средний	плохие
8 Обустройство заездных карманов на остановках МТС, расположенных у пешеходных переходов	высокие	высокий	плохие

Определение условий выбора мероприятий осуществляется лицом, принимающим решение. Для этого необходимо разработать соответствующие продукционные правила «если-то» [26], которые должны учитывать все варианты возможных решений, и определить их совместимость с мероприятиями (таблица 5.8).

Для оценки инвестиционной привлекательности мероприятий вводится лингвистическая переменная Z , определённая на универсальном множестве V , представляющем интервал $[0;1]$.

Терм множество: $T[Z] = \{\text{низкая}, \text{удовлетворительная}, \text{высокая}\}$.

Функции совместимости значений представлены на рисунке 5.9.

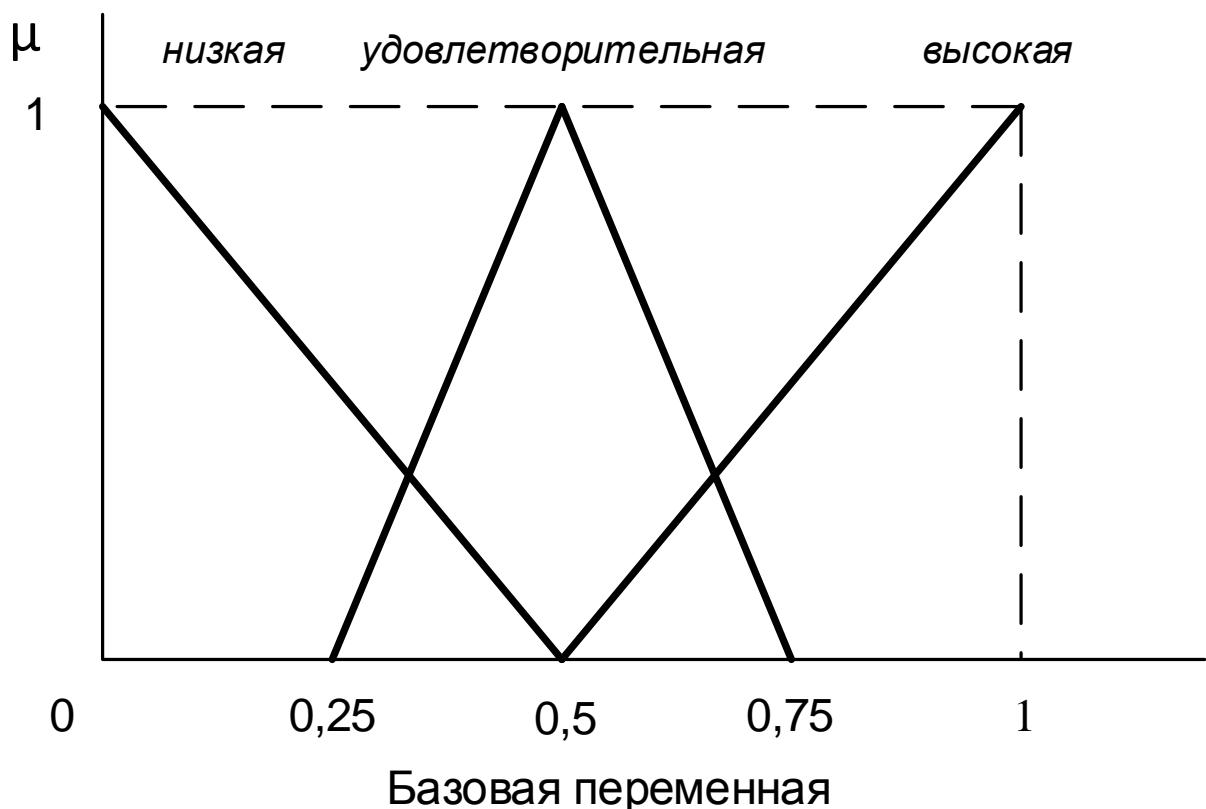


Рисунок 5.9 - Функции совместимости значений

Базовая переменная определяет область допустимых значений. Структура лингвистической переменной приведена в таблице 5.9.

Таблица 5.8 – Продукционные правила и их совместимость с мероприятиями

Правило	Условие (Если)	Совместимость мероприятия						
		1	2	3	4	5	6	7
Затраты								
1	Должны быть низкими	B	C	A	B	C	B	C
2	Должны быть средними	A	B	A	A	B	A	B
3	Могут быть высокими	A	A	A	A	A	A	A
Эффект								
4	Может быть низким	A	A	A	A	A	A	A
5	Должен быть средним	B	A	A	A	A	B	A
6	Должен быть высоким	C	A	B	B	A	C	B
Условия реализации								
7	Могут быть плохими	A	A	A	A	A	A	A
8	Могут быть удовлетворительными	B	B	A	B	A	B	C
9	Могут быть хорошими	A	A	B	A	B	A	C

Примечания: А – высокая совместимость;
 В – удовлетворительная совместимость;
 С – низкая совместимость.

Таблица 5.9 - Структура лингвистической переменной

μ	Совместимость		
	Низкая	Удовлетворительная	Высокая
0	1	0	0
0,05	0,9	0	0
0,1	0,8	0	0
0,15	0,7	0	0
0,2	0,6	0	0
0,25	0,5	0	0
0,3	0,4	0,2	0
0,35	0,3	0,4	0
0,4	0,2	0,6	0
0,45	0,1	0,8	0
0,5	0	1	0
0,55	0	0,8	0,1
0,6	0	0,6	0,2
0,65	0	0,4	0,3
0,7	0	0,2	0,4
0,75	0	0	0,5
0,8	0	0	0,6
0,85	0	0	0,7
0,9	0	0	0,8
0,95	0	0	0,9
1	0	0	1

Принято, что все параметры равноценны. Для каждого мероприятия определяется инвестиционная привлекательность:

$$M_{Ип} = 0,33M_H + 0,33M_Y + 0,33M_B, \quad (5.6)$$

где M_H , M_Y , и M_B - соответственно низкая, удовлетворительная и высокая инвестиционная привлекательность

Для определения нужного мероприятия лицо, принимающее решение, должно задать исходные требования к оценочным показателям, что позволит выбрать соответствующие правила. Для иллюстрации метода приняты два варианта исходных требований:

вариант 1: инвестиционные затраты *средние*, социально-экономический эффект *средний*, условия реализации *удовлетворительные*;

вариант 2: инвестиционные затраты *низкие*, социально-экономический эффект *высокий*, условия реализации могут быть *плохими*.

Вариант 1 включает правила 2, 5 и 9. Вариант 2 соответственно – 1, 6 и 7 (см. таблицу 5.8).

В зависимости от варианта исходных требований и соответствующих правил определяется лингвистические оценки для каждого мероприятия. Далее с помощью функций совместимости лингвистические оценки переводятся в нечёткие числа и по формуле 5.6 рассчитываются функции инвестиционной привлекательности. Результаты расчётов для обоих вариантов исходных требований приведены соответственно в таблицах 5.10 и 5.11.

На рисунках 5.10, 5.11 и 5.12 приведены графики рассчитанных функций соответственно для первого и второго вариантов исходных требований.

Таблица 5.10 - Результаты расчётов функций инвестиционной привлекательности для варианта 1 исходных требований

μ	Мероприятия							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0	0	0	0	0	0,333	0,333
0,05	0	0	0	0	0	0	0,2997	0,2997
0,1	0	0	0	0	0	0	0,2664	0,2664
0,15	0	0	0	0	0	0	0,2331	0,2331
0,2	0	0	0	0	0	0	0,1998	0,1998
0,25	0	0	0	0	0	0	0,1665	0,1665
0,3	0,1332	0,1332	0	0,0666	0,0666	0,1332	0,1998	0,1998
0,35	0,2664	0,2664	0	0,1332	0,1332	0,2664	0,2331	0,2331
0,4	0,3996	0,3996	0	0,1998	0,1998	0,3996	0,2664	0,2664
0,45	0,5328	0,5328	0	0,2664	0,2664	0,5328	0,2997	0,2997
0,5	0,666	0,666	0	0,333	0,333	0,666	0,333	0,333
0,55	0,5661	0,5661	0,0999	0,333	0,333	0,5661	0,2997	0,2997
0,6	0,4662	0,4662	0,1998	0,333	0,333	0,4662	0,2664	0,2664
0,65	0,3663	0,3663	0,2997	0,333	0,333	0,3663	0,2331	0,2331
0,7	0,2664	0,2664	0,3996	0,333	0,333	0,2664	0,1998	0,1998
0,75	0,1665	0,1665	0,4995	0,333	0,333	0,1665	0,1665	0,1665
0,8	0,1998	0,1998	0,5994	0,3996	0,3996	0,1998	0,1998	0,1998
0,85	0,2331	0,2331	0,6993	0,4662	0,4662	0,2331	0,2331	0,2331
0,9	0,2664	0,2664	0,7992	0,5328	0,5328	0,2664	0,2664	0,2664
0,95	0,2997	0,2997	0,8991	0,5994	0,5994	0,2997	0,2997	0,2997
1	0,333	0,333	0,999	0,666	0,666	0,333	0,333	0,333

Таблица 5.11 - Результаты расчётов функций инвестиционной привлекательности для варианта 2 исходных требований

μ	Мероприятия							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0,333	0,333	0	0	0,333	0,333	0,666	0,666
0,05	0,2997	0,2997	0	0	0,2997	0,2997	0,5994	0,5994
0,1	0,2664	0,2664	0	0	0,2664	0,2664	0,5328	0,5328
0,15	0,2331	0,2331	0	0	0,2331	0,2331	0,4662	0,4662
0,2	0,1998	0,1998	0	0	0,1998	0,1998	0,3996	0,3996
0,25	0,1665	0,1665	0	0	0,1665	0,1665	0,333	0,333
0,3	0,1998	0,1332	0,1332	0,1998	0,1998	0,1998	0,333	0,2664
0,35	0,2331	0,0999	0,2664	0,3996	0,2331	0,2331	0,333	0,1998
0,4	0,2664	0,0666	0,3996	0,5994	0,2664	0,2664	0,333	0,1332
0,45	0,2997	0,0333	0,5328	0,7992	0,2997	0,2997	0,333	0,0666
0,5	0,333	0	0,666	0,999	0,333	0,333	0,333	0
0,55	0,2997	0,0666	0,5661	0,7992	0,2997	0,2997	0,2664	0,0333
0,6	0,2664	0,1332	0,4662	0,5994	0,2664	0,2664	0,1998	0,0666
0,65	0,2331	0,1998	0,3663	0,3996	0,2331	0,2331	0,1332	0,0999
0,7	0,1998	0,2664	0,2664	0,1998	0,1998	0,1998	0,0666	0,1332
0,75	0,1665	0,333	0,1665	0	0,1665	0,1665	0	0,1665
0,8	0,1998	0,3996	0,1998	0	0,1998	0,1998	0	0,1998
0,85	0,2331	0,4662	0,2331	0	0,2331	0,2331	0	0,2331
0,9	0,2664	0,5328	0,2664	0	0,2664	0,2664	0	0,2664
0,95	0,2997	0,5994	0,2997	0	0,2997	0,2997	0	0,2997
1	0,333	0,666	0,333	0	0,333	0,333	0	0,333

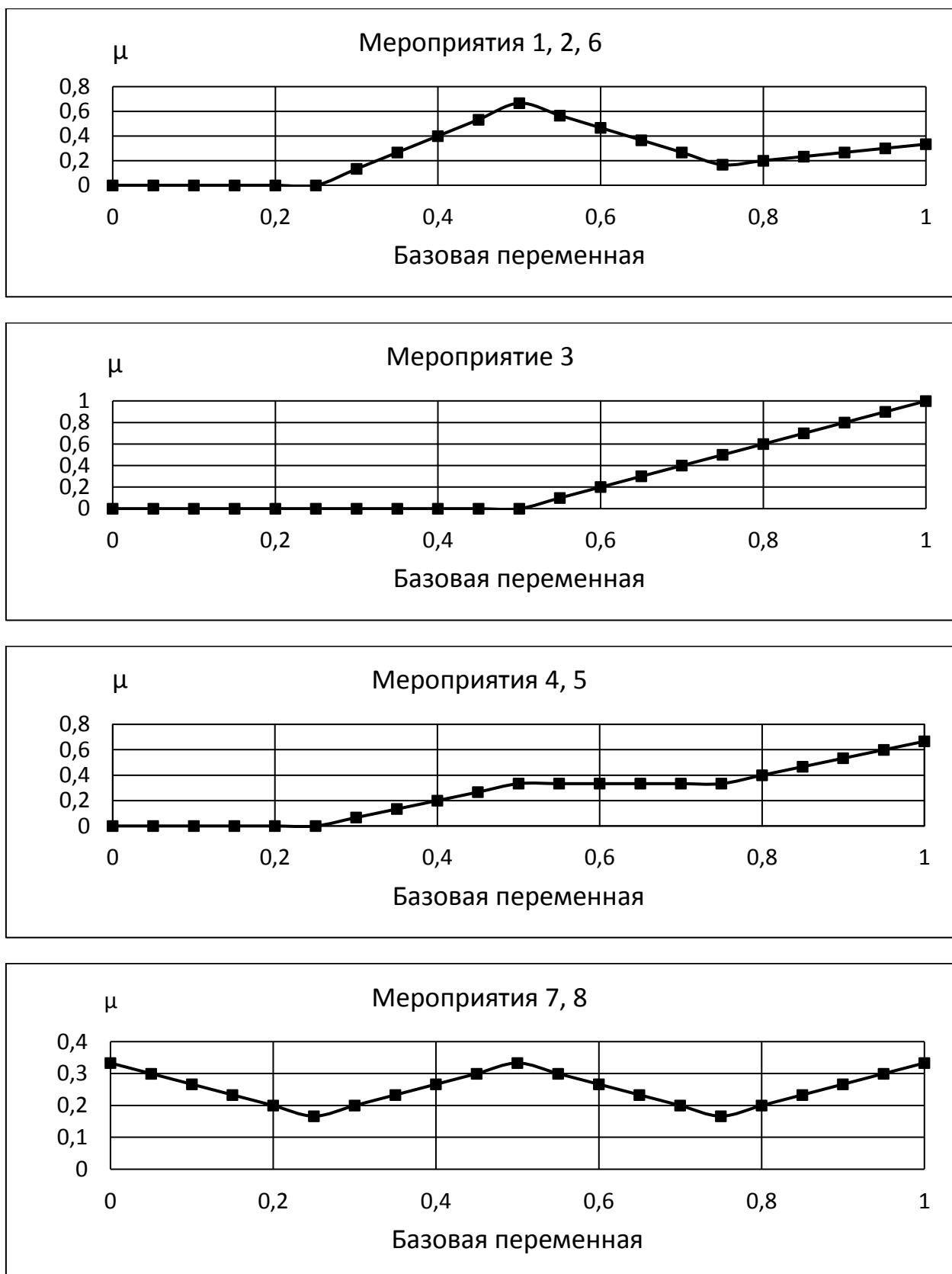


Рисунок 5.10 - Графики функций инвестиционной привлекательности для варианта 1 исходных требований

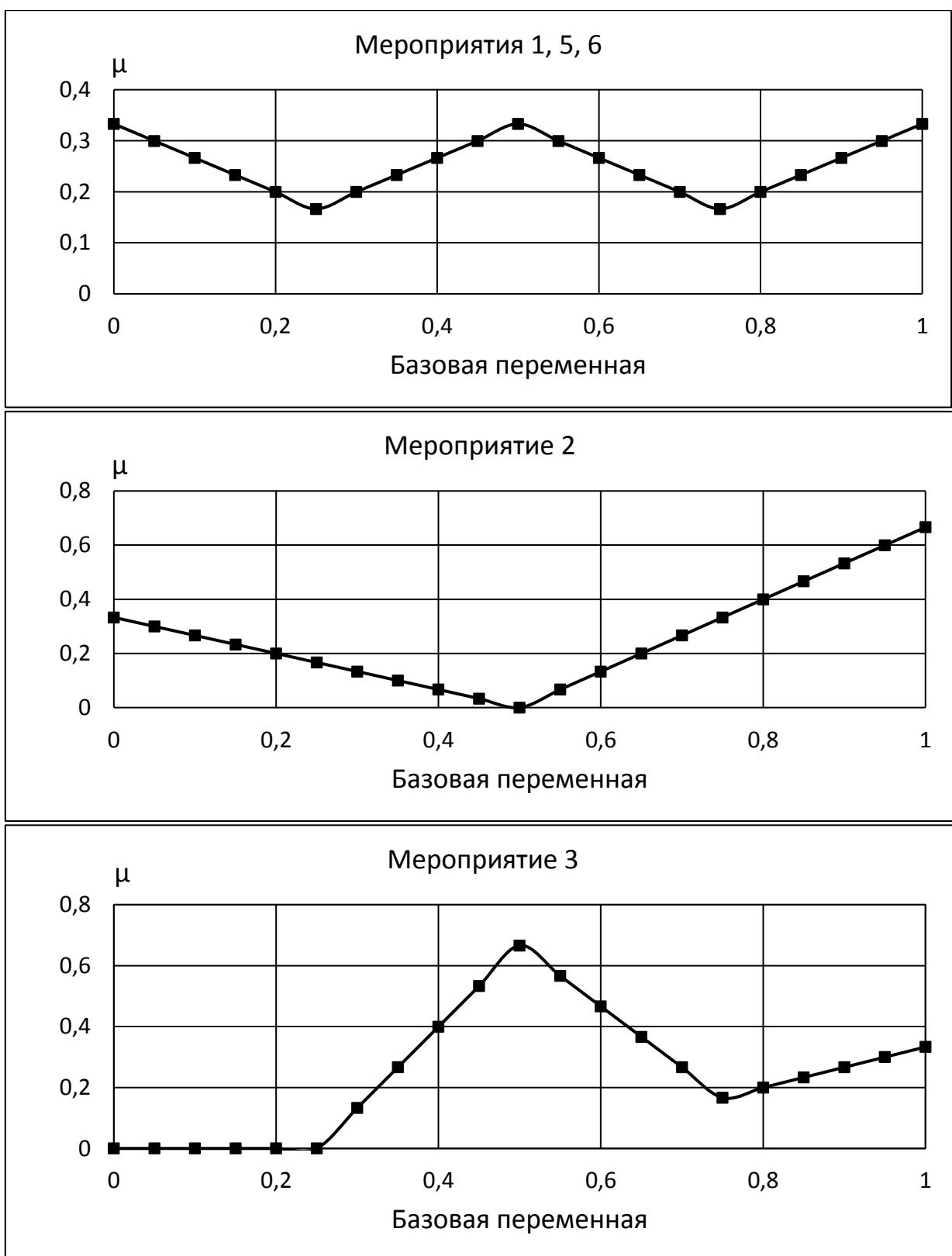


Рисунок 5.11 - Графики функций инвестиционной привлекательности для варианта 2 исходных требований (мероприятия 1, 2, 3, 5, 6)

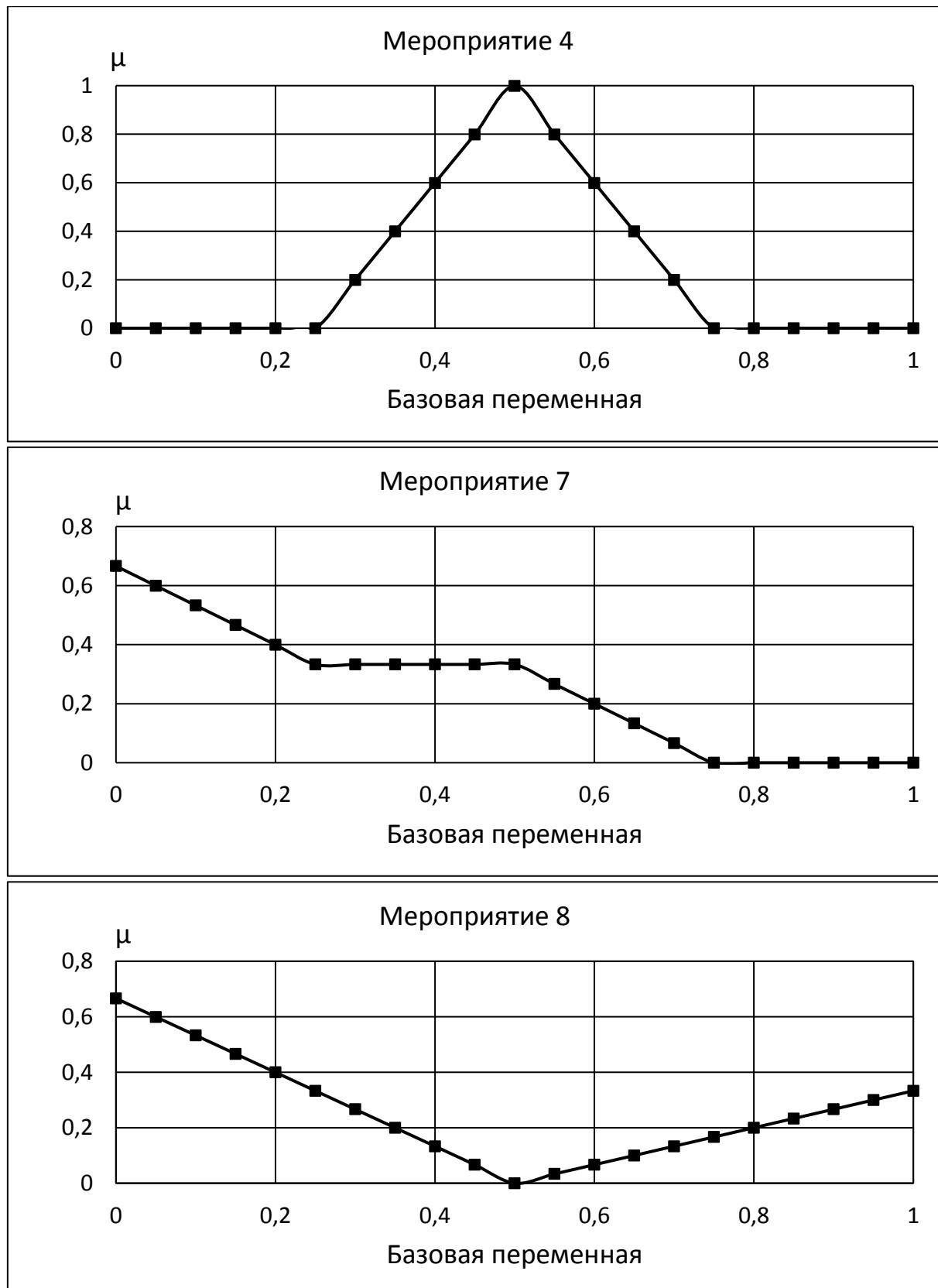


Рисунок 5.12 - Графики функций инвестиционной привлекательности для варианта 2 исходных требований (мероприятия 4, 7, 8)

Выбор конкретного мероприятия производится по обобщённому расстоянию Хемминга по формуле (2.6). Оценка инвестиционной привлекательности должна стремиться к 1, поэтому необходимо построить функцию совместимости для нечёткого множества чисел, близких к этому значению. Пусть эта функция определяется следующим образом;

на интервале от 0 до 0,5 – равна 0;

на интервале от 0,5 до 0,65 по формуле

$$y = 1,333x - 0,666; \quad (5.7)$$

на интервале от 0,65 до 0,85 по формуле

$$y = 3x - 1,75; \quad (5.8)$$

на интервале от 0,65 до 0,85 по формуле

$$y = 1,333x - 0,333. \quad (5.9)$$

График полученной функции совместимости приведён на рисунке 5.11.

Наименьшее расстояние между функцией инвестиционной привлекательности мероприятия и полученной функцией совместимости позволит определить наиболее инвестиционно-привлекательное мероприятие.

Результаты расчёта расстояния Хемминга приведены в таблице 5.12.

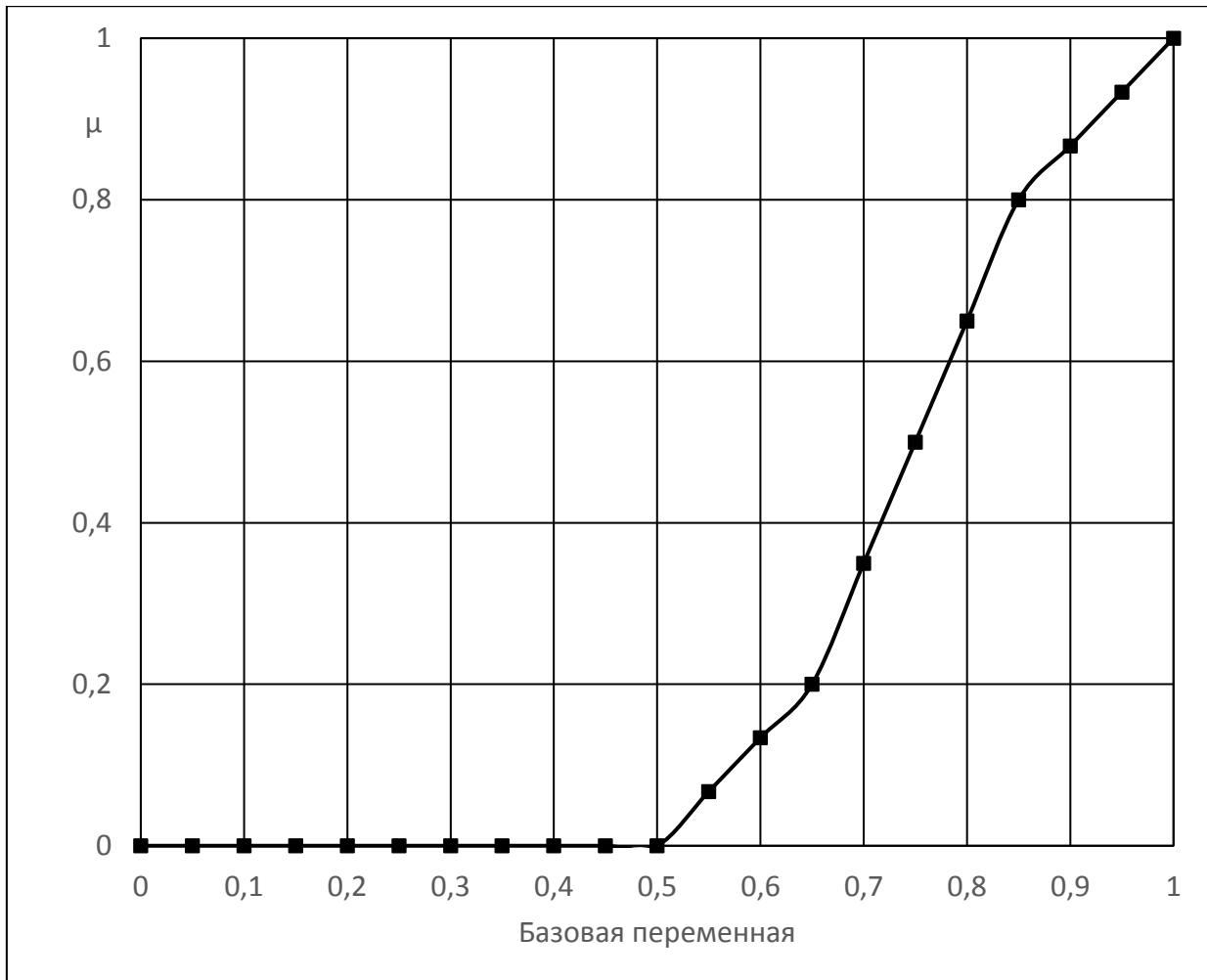


Рисунок 5.13 - График функции совместности для нечёткого множества чисел, близких к 1

Расстояние Хемминга позволяет не только определить наиболее инвестиционно-привлекательное мероприятие исходя из исходных требований, но и произвести ранжирование мероприятий, что расширяет возможности принятия решений. По результатам расчётов наиболее инвестиционно-привлекательными мероприятиями стали «Установка пешеходного ограждения» для варианта 1 исходных требований и «Регулируемый пешеходный переход» для варианта 2.

Таблица 5.12 - Результаты расчёта расстояния Хемминга

Мероприятие	Вариант 1 исходных требований		Вариант 2 исходных требований	
	Расстояние Хемминга	Ранг	Расстояние Хемминга	Ранг
1	6,3308	4	6,6305	2
2	6,3308	4	3,6695	1
3	0,5026	1	6,3308	3
4	3,3671	2	9,2945	5
5	3,3671	2	6,6305	2
6	6,3308	4	6,6305	2
7	6,6305	3	10,0275	6
8	6,6305	3	7,3325	4

Разработанный научно-прикладной инструментарий выбора наиболее инвестиционно-привлекательного мероприятия по повышению системной БДД согласуется с методологией ЭСБДД, но может быть использован самостоятельно. Применение полученных научных результатов обеспечивает возможность качественного определения перечня мероприятий по повышению уровня системной БДД, направленных на предотвращение и уменьшение дорожно-транспортного травматизма и снижение аварийности.

Выводы по главе

1. На основе метода сценариев, нечёткого линейного программирования, производственных правил разработан научно-прикладной инструментарий социально-экономической оценки и отбора наиболее эффективного комплекса мероприятий по повышению уровня БДД. Применение полученных научных результатов, главная цель которых – спасение человеческих жизней и снижение дорожно-транспортного травматизма, обеспечивает возможность качественной социально-экономической оценки комплекса мероприятий по повышению БДД, когда управляющее решение приходится принимать в условиях неопределенности и появляется необходимость учета влияния различных рисков. Анализ результатов расчёта показал, что при затратах, соответствующих ожидаемому значению бюджета, реализация всего комплекса мероприятий возможна на 4 объектах УДС г. Липецка из 11 выделенных. Ещё на одном объекте реализация комплекса мероприятий осуществляется на 71,1%.

2. Применение научно-прикладного инструментария социально-экономической оценки и отбора наиболее эффективного комплекса мероприятий по повышению БДД на УДС муниципального образования послужило основой формирования и социально-экономического обоснования приоритетных мероприятий муниципальной целевой программы повышения уровня системной БДД.

3. Разработанный научно-прикладные инструментарии социально-экономической оценки и отбора наиболее эффективного комплекса мероприятий по повышению БДД в условиях неопределенности и выбора наиболее инвестиционно-привлекательного мероприятия по повышению системной БДД согласуется с методологией ЭСБДД, но может быть использован самостоятельно.

4. Использование разработанных методов в ЭСБДД предполагает наличие обратной связи. Информация о результатах реализации мероприятий позволит уменьшить доверительный интервал и повысить качество обоснования выбора как комплекса мероприятий для мест концентрации ДТП, так и отдельных мероприятий для внедрения на автомобильных дорогах и улично-дорожной сети муниципальных образований.

5. Разработанные научно-практические методы могут применяться к любому типу автомобильных дорог и улично-дорожной сети муниципальных образований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Квалификация работы. Осознание автором целостного совместимого функционирования производственных систем и окружающей природной среды позволило разработать теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как новое крупное научное достижение, направленное на решение теоретико-прикладной проблемы повышения эффективности, системной безопасности и экологичности транспортных потоков, имеющего важное хозяйственное значение для развития автомобильного транспорта и экономики России. Область исследования диссертации и креативные разработки по всем элементам ее научной новизны соответствуют национальным приоритетам научно-технологического развития России и паспорту научной специальности 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» (п. 5 «Обеспечение экологической и дорожной безопасности автотранспортного комплекса; совершенствование методов автодорожной и экологической экспертизы, методов экологического мониторинга автотранспортных потоков» и п. 7 «Исследования в области безопасности движения с учётом технического состояния автомобиля, дорожной сети, организации движения автомобилей; проведение дорожно-транспортной экспертизы»).

Основные результаты и выводы:

1. На основе разработанных теоретико-методологических и научно-методических положений, научных методов, моделей, экспериментальных исследований и управлеченческих предложений инновационной направленности решена крупная научная проблема – созданы научно-методологические и практические методы организации безопасного, эффективного и биосферно-совместимого дорожного движения транспорта. Внедрение результатов обеспечит

значительный вклад в развитие экономики страны и улучшение качества окружающей среды за счет повышения уровня системной безопасности автомобильного транспорта, что подтверждает народнохозяйственную значимость полученных результатов.

2. Разработаны теоретические и методологические принципы функционирования ЭСБДД, включающие формирование базы данных для представления объекта исследования ВАДС, как подсистемы открытой СПЭТС и теоретико-практические подходы для планирования и принятия управленческих решений по повышению уровня системной БДД на основе эволюционирующей базы знаний.

3. Применение современных математических методов и программного обеспечения позволило разработать новые теоретико-методические подходы к классификации участков автомобильных дорог и улиц муниципальных образований и математическую модель для определения принадлежности их к конкретной классификационной группе для решения практических задач, обеспечивающих повышение эффективности, экологической и дорожной безопасности эксплуатации автомобильного транспорта. Впервые для классификации одновременно использовались переменные, характеризующие аварийность, поведение участников дорожного движения и сложность объектов. Полученные зависимости показали чёткое разделение по всем переменным. По результатам анализа улично-дорожной сети г. Липецка выделено 3 классификационные группы: в наиболее проблемную группу вошли 6 улиц, 18 улиц определили классификационную группу с меньшими проблемами, 39 улиц составили наименее проблемную группу.

4. На основе теории нечётких множеств и экспертных оценок впервые разработаны новая научная концепция комплексной оценки уровня обеспечения БДД, определяемой степенью влияния элементов обустройства дорожной инфраструктуры, позволяющая выполнять

статический анализ оценки риска возникновения ДТП на УДС и её отдельных элементах. Выполнено ранжирование объектов дорожной инфраструктуры по уровню влияния на риск возникновения ДТП. Наиболее опасным признан нерегулируемый пешеходный переход. Предлагаемый метод позволяет повысить уровень БДД на автомобильной дороге при проектировании и реконструкции.

5. Разработанные методология и научно-методические подходы к комплексной оценке причин аварийности на городских улицах (динамический анализ) позволяют эффективно организовать и управлять процессами взаимодействия участников дорожного движения посредством своевременной и эффективной правоприменительной практики, и социально-маркетинговой политики. В качестве объектов, для которых проведена оценка уровня безопасности дорожного движения, было выбрано 10 улиц г. Липецка с наиболее высокой аварийностью. Наиболее опасной является улица Космонавтов. Выработан механизм обработки статистической информации по нарушениям ПДД, что даёт возможность оперативно оценивать уровень БДД на улично-дорожной сети. Предлагаемый метод позволяет с минимальной трудоемкостью проводить постоянный мониторинг обстановки с любой периодичностью.

6. Предложенный алгоритм и полученные на его основе математические динамические модели прогнозирования количества ДТП и числа пострадавших в них (модели авторегрессии и проинтегрированного скользящего среднего и экспоненциальное сглаживание), дали возможность разработать упреждающие управляющие решения, направленные на предотвращение аварийности, и оценить их эффективность. Разработанный метод определения темпов изменения количества и экономических последствий ДТП обеспечивает ретроспективный анализ для оценки относительной величины динамики аварийности и является трекинг-

сигналом срочности принятия мер по снижению уровня дорожно-транспортной аварийности.

7. Разработанные научно-методические подходы повышения уровня БДД позволяют осуществить выявление на научной основе связи возрастных групп участников дорожного движения, а также их социальные характеристики (пол, образование и др.), с различными видами нарушений ПДД, что дало возможность определить уровень необходимости проведения социально-маркетинговых исследований и мероприятий для той или иной группы участников движения с целью формирования у них безопасного поведения, направленного на уменьшение дорожно-транспортного травматизма, аварийности и количества погибших людей. Полученные зависимости показали, что причиной возникновения ДТП по вине водителей в возрасте 51 год и старше является движение со скоростью, не соответствующей условиям движения или превышение скорости.

8. На основе метода сценариев, нечёткого линейного программирования, производственных правил разработан научно-прикладной инструментарий социально-экономической оценки и отбора наиболее эффективного комплекса мероприятий по повышению уровня БДД. Применение полученных научных результатов, главная цель которых – спасение человеческих жизней и снижение дорожно-транспортного травматизма, обеспечивает возможность качественной социально-экономической оценки комплекса мероприятий по повышению БДД, когда управляющее решение приходится принимать в условиях неопределенности и появляется необходимость учета влияния различных рисков. Анализ результатов расчёта показал, что при затратах, соответствующих ожидаемому значению бюджета, реализация всего комплекса мероприятий возможна на 4 объектах УДС г. Липецка из 11 выделенных. Ещё на одном объекте реализация комплекса мероприятий осуществляется на 71,1%.

9. Применение научно-прикладного инструментария социально-экономической оценки и отбора наиболее эффективных мероприятий и комплексов мероприятий по повышению БДД на УДС муниципального образования послужило основой формирования и социально-экономического обоснования приоритетных мероприятий муниципальной целевой программы повышения уровня системной БДД.

10. Совокупность полученных новых научных результатов и выводов, разработанных 8 научных методов, 9 математических моделей и концепция экспертной системы безопасности дорожного движения позволили создать научно-обоснованный теоретико-практический инструментарий, который прошел апробацию для: повышения уровня системной безопасности эксплуатации автомобильного транспорта; уменьшения затрат на перевозки и приведенной массы выбросов вредных веществ автомобилями в окружающую среду, снижение уровня дорожно-транспортного травматизма в Липецкой области опережающими по сравнению с общими по России темпами. Так, за период с 2010 г. по 2015 г., количество ДТП в Липецкой области снизилось на 21,88%, число погибших уменьшилось на 23,43%, раненых - на 24,36%, в то время, как в среднем по России снижение произошло соответственно на 9,96%, 15,05% и 10,03%.

Видится перспективным развитие исследований в области использования разработанных теоретико-методологических положений и научных методов, имеющих универсальный характер, для решения важных задач БДД.

Список сокращений и условных обозначений

- ДТП:** дорожно-транспортное происшествие
- БДД:** безопасность дорожного движения
- ОС:** окружающая среда
- ВАДС:** водитель-автомобиль-дорога-среда
- СПЭТС:** социоприродоэкономическая транспортная система
- УДС:** улично-дорожная сеть
- ВОЗ:** Всемирная организация здравоохранения
- ПДД:** Правила дорожного движения
- ТС:** транспортное средство
- ЭСБДД:** экспертная система безопасности дорожного движения
- НРПП:** нерегулируемый пешеходный переход
- РПП:** регулируемый пешеходный переход
- ОПЧ:** ограждение проезжей части
- ОБ:** островки безопасности
- ОВ:** обеспечение видимости пешеходного перехода
- РПАО:** неправильное расположение пешеходного перехода у автобусных остановок
- АОБК:** отсутствие заездных карманов на автобусных остановках при наличии пешеходного перехода
- RS-10:** Global Road Safety Project
- НФП:** научно-философский прогресс
- АРПСС:** модель авторегрессии и проинтегрированного скользящего среднего
- ДУУ:** Детское удерживающее устройство
- КФР:** конкретный фактор риска

Библиографический список

1. Абт К.Ч., Фостер Р.Н., Ри Р.Г. Методика составления сценариев. В сб.: Руководство по научно - техническому прогнозированию. / Абт К.Ч., Фостер Р.Н., Ри Р.Г. // М.: Прогресс, 1977. 352 с.
2. Айвазян С.А. Прикладная статистика. Основы эконометрики. Том 2. М.: Юнити-Дана, 2001. 432 с.
3. Актуальные вопросы повышения безопасности дорожного движения: Сб. науч. тр./ Под ред. Сильянова В.В.; Моск. автомобил.-дорож. ин-т М, -1988.- 132 с.
4. Актуальные социально-экономические аспекты управления: государство, регион, предприятие: монография / [Л. П. Вовк, Е. П. Мельникова, В.Э. Клявин и др.]; под ред. Е. П. Мельниковой. – СПб: Свое издательство, 2017. – 294 с.
5. Амбарцумян В. В. и др. Системный анализ проблем обеспечения безопасности дорожного движения: Учеб, пособие. - СПб.: Изд-во СПбГАУ, 1999. 352 с.
6. Амбарцумян В.В. Проблемы повышения БДД в современных экономических условиях // Грузовик &. 1999. - № 9. - С. 39-41.
7. Амбарцумян В.В., Бабанин В.Н., Гуджоян О.П., Петридис А.В. Безопасность дорожного движения: Учебное пособие. — М.: Машиностроение, 1998. - 304 с.
8. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов / М.: Мир, 1976. 756 с.

9. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения: Учеб. для вузов. - М.: Трансп., 1993. - 271 с.
10. Безопасность дорожного движения: Учеб. пособие для подготовки и повышения квалификации кадров автомобильного трансп. / Амбарцумян В.В., Бабавнин В.Н., Гуджоян О.П., Педритис А.В.; Под ред. В.Н. Луканина. М.: Машиностроение, 1998. - 304 с.
11. Безопасность и охрана труда: Учебное пособие для вузов/ Н.Е. Гарнагина, Н.Е. Занько, Н.Ю. Золотарева и др.; Под ред. О.Н. Русака. - СПб: Изд-во МАНЭБ, 2001. - 279 с.
12. Безопасность и экология автомобиля: Учеб. пособие / Ковальчук А.В., Смирнов Н.М., Харченко А.П., Чайкин А.П.; С.-Петербург. гос. техн. ун-т, 1999. - 70 с.
13. Безопасность пешеходов. Руководство по безопасности дорожного движения для руководителей и специалистов. Женева: Всемирная организация здравоохранения. 2013. 114 с.
14. Белодедов А.М. Экономическая эффективность мероприятий, направленных на повышение безопасности дорожного движения // Повышение надежности автомобилей, работающих на перевозки строительных грузов и в системе городского хозяйства. ІІ., 1978. - С. 90-100.
15. Беляев В.М. Организация автомобильных перевозок и безопасность движения: учеб. пособие / В.М. Беляев. – М.: МАДИ, 2014. – 204 с.
16. Блинкин М.Я. Безопасность дорожного движения. История вопроса, международный опыт, базовые институции / М. Я. Блинкин, Е. М. Решетова. - М.: Издат. дом Высшей школы экономики, 2013. - 157 с.

17. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов. Прогноз и управление / М.: Мир. 1974. Кн. 1. 406 с. Кн. 2. 197 с.
18. Боровиков В.А. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере. 2-е изд. СПб.: Питер, 2003. 688 с.
19. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: Учеб. для вузов. — 6-е изд. стер. - М.: Высш. шк., 1999. - 576 с.
20. Влияние на аварийность реализации проекта RS-10 в Липецкой области / А.А. Иевлев, В.Э. Клявин, А. Хайдер, К. Бхалла, Н.Ш. Паичадзе // Развитие Всероссийской службы катастроф на современном этапе: матер. всерос. конф. с международным участием., М.: ФГБУ «ВЦМК «Защита». 2013. С. 60-61.
21. Врубель Ю.А. Основные положения методики оценки качества организации дорожного движения / Белорус. политехн. ин-т. Минск, 1988. - 9 с.
22. Всемирный доклад о предупреждении дорожно-транспортного травматизма / Пер. с англ. - М.: Издательство «Весь Мир», 2004. - 280 с.
23. Вуколов Э. А. Основы статистического анализа. Практикум по статистическим методам и исследованию операций с использованием пакетов STATISTICA и EXCEL: учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. / М: ФОРУМ. 2008. 464 с.
24. Грановский В.А. Кравченко Е.А. Безопасность движения на автомобильном транспорте. Часть 1. Организация и управление безопасностью движения в транспортном комплексе: Учебное пособие. - Краснодар: Изд. КубГТУ, 2004. - 117с.

25. Гречилов А. А., Стакун В. А., Стакун А. А. Математические методы построения прогнозов / М.: Радио и связь, 1997. 112 с.
26. Джарратано Д., Райли Г. Экспертные системы: принципы разработки и программирование, 4-е издание.: Пер. с англ. М.: ООО "И.Д. Вильямс", 2007. 1152 с.
27. Джексон П. Введение в экспертные системы. 3 изд. М.: Издательский дом "Вильямс", 2001. – 624 с.
28. Доклад о состоянии безопасности дорожного движения в мире. Время действовать / Пер. с англ. - М.: Издательство «Весь Мир», 2009. - 288 с.
29. Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации за I полугодие 2016 года. Оперативный информационно-аналитический обзор. М.: ФКУ НИЦ БДД МВД России. 2016. 17 с.
30. Достижения современной науки о безопасности дорожного движения на автодорогах Ленинграда и Ленинградской области / Синельников Н.К. и др. Ленингр. дом науч.-техн. пропаганды. - Л., 1978. - 28 с.
31. Евланов Л.Г. Теория и практика принятия решений. М.: Экономика, 1984. 176 с.
32. Елисеева И.И., Юзбашев М.М. Общая теория статистики: Учебник / Под ред. чл.-корр. РАН И.И. Елисеевой. 4 изд. М.: Финансы и статистика, 2001. 480 с.
33. Емельянов В.В., Ясиновский С.И. Имитационное моделирование систем: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 584с.

34. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976 – 165 с.
35. Закон Российской Федерации "О безопасности дорожного движения" от 15.11.1995 № 196-ФЗ// Российская газета. 1995 г. № 50. с изм. и допол. в ред, от 15.07.2016.
36. Капитанов В.Т., Чубуков А.Б., Монина О.Ю., Сильянов В.В. Прогнозирование числа погибших в дорожно-транспортных происшествиях // Наука и техника в дорожной отрасли. 2016. № 1. С. 2-4.
37. Капский Д.В. Прогнозирование аварийности в дорожном движении: Мн.: БНТУ, 2008. – 241с.
38. Касаткин Ф.П., Баженов Ю.В. Безопасность движения на автомобильном транспорте. - Владимир: Изд-во, Владимирского ГУ, 2001. - 222 с.
39. Кевеш П. Теория индексов и практика экономического анализа. М.: Финансы и статистика, 1990. 303 с.
40. Кендалл М. Временные ряды. М.: Финансы и статистика, 1981. 471 с.
41. Кендалл М., Стьюарт Л. Многомерный статистический анализ и временные ряды. М.: Наука, 1976. 736 с.
42. Китаев-Смык Л.А. Психология стресса. Психологическая антропология стресса. – М.: Академический Проект, 2009 - с.943.
43. Клинковштейн Г.И., Афанасьев МБ. Организация дорожного движения: Учебник. - 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Транспорт, 2001. - 247 с.
44. Клявин В.Э. Безопасность дорожного движения в Липецке как объект информатизации / В.Э. Клявин, В.В. Ситников, М.А. Стеганцев //

Авиакосмические технологии (АКТ-2011): матер. всерос. науч.-техн. конф., Воронеж: ВГТУ. 2011. С. 126-129.

45. Клявин В.Э. ДТП как объект информатизации // Авиакосмические технологии: матер. всерос. науч. конф., Воронеж: ВГТУ, 2012. С. 197-201.

46. Клявин В.Э. Информация как средство снижения аварийности / Сб. науч. трудов “RS:10 итоги реализации первых этапов международного проекта, проблемы и пути их решения”, Липецк: Изд-во ЛГТУ. 2012. С. 60-63.

47. Клявин В.Э. Левый поворот: быть или не быть? / В.Э. Клявин, А.Г. Сычиков // Дороги Содружества, информационно-аналитический журнал Межправительственного совета дорожников. М.: «Стратим ПКП». 2011. №1. С. 14-16.

48. Клявин В.Э. О необходимости системного подхода к решению транспортных проблем города / Безопасность и устойчивость развития транспортной системы Липецкой области: матер. Межрег. науч. конф. Липецк, 2010. – С. 27-31.

49. Клявин В.Э. Пересечение улиц московская и катукова города липецка: перспективы // Индустрия туризма: всерос. науч.-практ. конф., Липецк: ЛГТУ. 2013. С. 39-45.

50. Клявин В.Э. Проблемы обеспечения безопасности движения на пешеходных переходах г. Липецка // В.Э. Клявин, А.В. Симаков / Безопасность и устойчивость транспортной системы Липецкой области: матер. межрегион. науч. конф., Липецк: ЛОУНБ. 2010. С. 32-36.

51. Клявин В.Э. Проблемы развития улично-дорожной сети г. Липецка // Проблемы безопасности дорожного движения. Пути их решения: матер. межрег. науч.-практ. конф., Липецк: ЛГТУ. 2007. С. 80-86.

52. Клявин В.Э. Проект RS-10 в Липецкой области: промежуточные итоги // Индустрия туризма: всерос. науч.-практ. конф., Липецк: ЛГТУ. 2013. С. 44-49.
53. Клявин В.Э. Эффективность мероприятий по освещению проезжей части / В.Э. Клявин, М.В. Зеленцов // Мир транспорта и технологических машин. 2010. № 1(28). С. 66-69.
54. Клявин В.Э., Панасович А.В., Двуреченский В.В. Организация и безопасность движения в Липецке / Матер. межрегионал. науч. конф. «Актуальные проблемы безопасности дорожного движения и пути их решения», Липецк: Изд-во ЛГТУ. 2011. С. 24-32.
55. Ковалев В.П. Обеспечение безопасности дорожного движения. Практическое пособие. М.: Альфа-Пресс, 2011. – 320 с.
56. Кодекс "Кодекс об административных правонарушениях Российской Федерации" от 30.12.2001 № 195-ФЗ // Российская газета. 2001 г. № 256. с изм. и допол. в ред. от 18.06.2017.
57. Коноплянко В. И. Организация и безопасность дорожного движения: учебник / М.: Высшая школа, 2007. 384 с.
58. Конышева Л. К., Назаров Д. М. Основы теории нечетких множеств: Учебное пособие. СПб. Питер, 2011. 192 с.
59. Корчагин В.А. Анализ и классификация регулируемых магистральных перекрестков / В.А. Корчагин, В.Э. Клявин, В.А. Суворов, Д.А. Кадасев // Автотранспортное предприятие. 2007. № 3. С. 26-28.
60. Корчагин В.А. Анализ и классификация регулируемых перекрестков / В.А. Корчагин, Д.А. Кадасев, В.Э. Клявин // Проблемы экологии и экологической безопасности центрального Черноземья РФ: матер. всерос. науч.-практ. конф., Липецк: ЛГТУ. 2006. С. 84-85.

61. Корчагин В.А. Взаимосогласованность экологии и экономики: Монография / В.А. Корчагин, Т.В. Корчагина. – Липецк: ЛЭГИ, 2000. – 100 с.
62. Корчагин В.А. Влияние реализации проекта RS10 на аварийность в Липецкой области / В.А. Корчагин, В.Э. Клявин // Информационная среда вуза: матер. межд. науч. конф., Иваново: Издательский центр ДИВТ. 2013. С. 401-406.
63. Корчагин В.А. Индексный анализ как индикатор дорожно-транспортной аварийности / Корчагин В.А., Клявин В.Э., Суворов В.А. // Вестник высших учебных заведений Черноземья. Липецк. Изд-во ЛГТУ, 2017. № 2. С. 47-53.
64. Корчагин В.А. Инновационная экоэкономика. Липецк: изд-во ЛГТУ, 2010. – 171 с.
65. Корчагин В.А. Искусственный интеллект и управление / В.А. Корчагин, В.Э. Клявин // Мир дорог. 2017. №94. С. 76-77.
66. Корчагин В.А. Классификация городских улиц и дорог на основе характеристик безопасности дорожного движения / Корчагин В.А., Клявин В.Э., Суворов В.А. // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. Иркутск, ИГУПС. 2017. № 2 (54). С. 145-153.
67. Корчагин В.А. Классификация наземных пешеходных переходов / В.А. Корчагин, В.Э. Клявин, А.В. Симаков // Вестник ИГТУ, Иркутск. 2012. №1. С. 103-108.
68. Корчагин В.А. Концепция экспертной системы «Безопасность дорожного движения» / В.А. Корчагин, А.К. Погодаев, В.Э. Клявин, В.В. Ситников // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах: межд. науч.-практ. конф., СПб.: СПбГАСУ. 2016. С. 96-102.

69. Корчагин В.А. Метод комплексной оценки уровня безопасности дорожного движения на дорожной сети / В.А. Корчагин, А.К. Погодаев, В.Э. Клявин, В.А. Суворов // Вестник МАДИ. 2016. № 2 (45). С.88-94.
70. Корчагин В.А. Метод объективной оценки уровня обеспечения безопасности движения / В.А. Корчагин, А.К. Погодаев, В.Э. Клявин, В.А. Суворов // Наука и техника в дорожной отрасли. 2017. № 1. С. 10-12.
71. Корчагин В.А. Методика оптимального распределения денежных средств на мероприятия по обустройству пешеходных переходов / В.А. Корчаги, В.Э. Клявин, А.В. Симаков // Логистика промышленных регионов: матер. межд. науч.-практ. конф., Донецк: ЛАНДОН-XXI. 2013. С. 154-156.
72. Корчагин В.А. Модели прогнозирование показателей уровня безопасности дорожного движения / Корчагин В.А., В.Э. Клявин, Суворов В.А. // Мир транспорта и технологических машин. Орел. ИП Синяев В.В. 2017. № 2. С. 0-0.
73. Корчагин В.А. Модель поиска биосферно-совместимого функционирования транспортной социоприродоэкономической системы / В.А. Корчагин, Ю.Н. Ризаева // Мир транспорта и технологических машин. - 2015. - №.-3.- С. 130-136.
74. Корчагин В.А. Научно-методические основы учета ДТП с причинением материального ущерба / В.А. Корчагин, В.Э. Клявин // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств: матер. межд. науч.-практ. конф., Пенза: ПГУАС. 2012. С. 321-324.
75. Корчагин В.А. Научно-практический метод повышения уровня безопасности дорожного движения / В.А. Корчагин, А.К. Погодаев, В.Э. Клявин, В.А. Суворов // Автотранспортное предприятие. 2016. № 11. С. 19-22.

76. Корчагин В.А. Некоторые аспекты анализа факторов в местах концентрации ДТП / В.А. Корчагин, В.Э. Клявин, В.А. Суворов, М.В. Зеленцов // Проблемы эксплуатации и обслуживания транспортно-технологических машин: матер. межд. науч.-техн. конф., Тюмень: ТюмГНГУ. 2008. С. 102-106.
77. Корчагин В.А. Некоторые проблемы организации дорожного движения в микрорайонах крупных городов / В.А. Корчагин, В.Э. Клявин, А.И. Попова // Транспорт-2014: межд. науч.-практ. конф., Часть 1. Технические и экономические науки, Ростов-на-Дону: РГУПС.2014. С. 49-50.
78. Корчагин В.А. Новые подходы к моделированию работы дорожно-эксплуатационной службы / В.А. Корчагин, С.А. Ляпин, В.Э. Клявин, В.В. Ситников // Организация и безопасность дорожного движения: матер. межд. науч.-практ. конф., Тюмень: ТГИУ. 2017. С. 226-230.
79. Корчагин В.А. Ноосферно-логистические технологии автомобильно-дорожного комплекса / В.А. Корчагин, В.Э. Клявин, С.А. Ляпин // Вестник ЛГТУ- ЛЭГИ, Липецк. 2002. №2 (10). С. 12-14.
80. Корчагин В.А. Ноосферологистические подходы создания социоприродоэкономических транспортно-логистических систем / В.А. Корчагин, Ю.Н. Ризаева // Автотранспортное предприятие. -2012. - № 1. - С. 45 -48.
81. Корчагин В.А. Об эффективности применения искусственных неровностей в дорожном движении / В.А. Корчагин, В.Э. Клявин, А.В. Симаков // Вестник Донецкого ИАТ. 2009. №1. С. 385-390.
82. Корчагин В.А. Обеспечение безопасности наземных пешеходных переходов на основе системного подхода / В.А. Корчагин, В.Э. Клявин,

- А.В. Симаков // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных машин: матер. межд. науч. конф., Пенза: ПГУАС. 2010. С. 290-295.
83. Корчагин В.А. Определение степени влияния факторов на вероятность возникновения ДТП / В.А. Корчагин, В.А. Суворов, В.Э. Клявин, М.А. Зеленцов // Транспортные и транспортно-технологические системы: матер. межд. науч.-техн. конф., Тюмень: ТюмГНГУ, 2010. С. 185-189.
84. Корчагин В.А. Оценка эффективности инженерных решений: Учебное пособие (гриф УМО) / В.А. Корчагин, Ю.Н. Ризаева. - Липецк: ЛГТУ, 2008. – 160 с.
85. Корчагин В.А. Повышение безопасности движения автомобилей на основе анализа аварийности и моделирования ДТП / В.А. Корчагин, С.А. Ляпин, В.Э. Клявин, В.В. Ситников // Фундаментальные исследования, М.: Издательский Дом «Академия Естествознания», 2015. № 6. С. 251-256.
86. Корчагин В.А. Применение математических методов при обеспечении безопасности дорожного движения на пешеходных переходах / В.А. Корчагин, В.Э. Клявин, А.В. Симаков // Авиакосмические технологии (АКТ-2011): матер. всерос. науч.-техн. конф., Воронеж: ВГТУ. 2011. С. 113-117.
87. Корчагин В.А. Пути решения проблемы увеличения пропускной способности улично-дорожной сети г. Липецка / В.А. Корчагин, В.Э. Клявин, С.А. Ляпин // Вестник ЛГТУ-ЛЭГИ, Липецк. 2002. №2 (10). С. 8-11.
88. Корчагин В.А. Разработка классификатора ДТП на основе построения искусственных нейронных сетей / В.А. Корчагин, В.Э.

- Клявин, В.А. Суворов, М.А. Зеленцов // Мир транспорта и технологических машин. 2009. № 4/27. С. 42-46.
89. Корчагин В.А. Регулируемые автотранспортные перекрестки: анализ и классификация / В.А. Корчагин, В.А. Суворов, Д.А. Кадасев, В.Э. Клявин // Технические науки – региону: сб. науч. тр. ЛГТУ, Липецк: ЛГТУ. 2007. С. 48-55.
90. Корчагин В.А. Ризаева Ю.Н., Сухатернина С.Н. Биосферно-совместимый критерий оценки и сравнения экологической опасности автомобилей // Автотранспортное предприятие. – 2015 -№ 8. – С.51-53.
91. Корчагин В.А. Системный подход к обеспечению безопасности дорожного движения на пешеходных переходах г. Липецка / В.А. Корчагин, В.Э. Клявин, А.В. Симаков // Актуальные проблемы безопасности дорожного движения и пути их решения: матер. межрегион. науч. конф., Липецк: ЛГТУ. 2011. С.56-61.
92. Корчагин В.А. Совершенствование методики накопления и анализа информации о дорожно-транспортных происшествиях / В.А. Корчагин, В.Э. Клявин, В.В. Ситников // Инженерные исследования и достижения – основа инновационного развития: матер. всерос. науч.-техн. конф., Рубцовск: Рубцовский индустриальный институт. 2014. С. 280-283.
93. Корчагин В.А. Теоретико-прикладные методы организации экспертной системы безопасности дорожного движения / В.А. Корчагин, В.Э. Клявин // Информационные технологии и инновации на транспорте: матер. межд. науч.- практ. конф., Орел: ОГУ. 2016. С. 328-338.
94. Корчагин В.А. Типологизация проектируемых перекрестков в транспортных системах городов / В.А. Корчагин, В.А. Суворов, Д.А.

- Кадасев, В.Э. Клявин // Экономика и управление проблемы, тенденции, перспективы: сб. научн. тр. МИПиЭ, Липецк: ЛГТУ. 2007. С. 233-237.
95. Корчагин В.А. Учет ДТП с причинением материального ущерба / В.А. Корчагин, В.Э. Клявин // Логистика промышленных регионов: матер. межд. науч. конф., Донецк: ДААТ. 2012. С. 166-168.
96. Корчагин В.А. Экологизация экономики и транспорта: Учебное пособие для вузов / В.А. Корчагин, М.П. Улицкий. - М: МАДИ, 2001. - 196 с.
97. Корчагин В.А. Эконравственная новая экономика. Липецк: изд-во ЛГТУ, 2006. – 200 с.
98. Корчагин В.А. Экспертная система в решении задач повышения безопасности дорожного движения / В.А. Корчагин, В.Э. Клявин // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2016. №4 (10). С. 9.
99. Корчагин В.А. Экспертная система мониторинга и обеспечения безопасности дорожного движения / В.А. Корчагин, С.А. Ляпин, В.Э. Клявин, В.В. Ситников // Вестник ЛГТУ, Липецк. 2016. №3 (29). С. 33-38.
100. Корчагин В.А., Кадасёв Д.А. Повышение системной безопасности транспортных потоков. Учебное пособие. Липецк: изд-во ЛГТУ, 2010. – 159 с.
101. Корчагин В.А., Клявин В.Э., Симаков А.В. Совершенствование организации дорожного движения как социоэкологический фактор / Матер. V межд. науч.-техн. конф. 2008. Пенза – С.251-254.
102. Корчагин В.А., Корчагина Т.В. Современная экология. Учебное пособие. Липецк: изд-во ЛГТУ, 2011. – 162 с.
103. Корчагин В.А., Корчагина Т.В. Устойчивое развитие России. Липецк: изд-во ЛЭГИ, 2001. – 199 с.

104. Корчагин В.А., Кузнецова Е.В., Клявин В.Э., Зеленцов М.А. Прогнозирование количества ДТП в г. Липецке с помощью методов экспоненциального сглаживания и ARIMA // Автотранспортное предприятие. 2009. № 5. С. 23-26.
105. Корчагин В.А., Ляпин С.А., Коновалова В.А. Биосферно-совместимые методы организации грузодвижения. Учебное пособие. Липецк: изд-во ЛГТУ, 2014. – 116 с.
106. Корчагин В.А., Ризаева Ю.Н., Сухатерина С.Н. Биосферно-совместимый критерий оценки и сравнения экологической опасности автомобилей // Автотранспортное предприятие. – 2015. № 8. - С. 51-53.
107. Косовцева Т.Р., Беляев В.В. Технологии обработки экономической информации. Адаптивные методы прогнозирования. Учебное пособие. СПб: Университет ИТМО, 2016. 31 с.
108. Котик М. А. Природа ошибок человека-оператора (на примерах управления транспортными средствами) / М. А. Котик, А. М. Емельянов. - М.: Транспорт, 1993. - 252 с.
109. Котик М. А. Беседы психолога о безопасности дорожного движения / М. А. Котик. - 2-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 1990. 141 с.
110. Кофман Л. Введение в теорию нечетких множеств: Пер. с франц. – М.: Радио и связь, 1982. – 432 с.
111. Кравченко Е.А. Современные проблемы транспортной науки, техники и технологии: учебное пособие / Е.А. Кравченко, А.Е. Кравченко. – Краснодар: Издательский Дом – Юг, 2011. – 156 с.

112. Кравченко П. А. Об инновационных технологиях в сфере обеспечения безопасности дорожного движения // Транспорт Российской Федерации. 2010. № 5 (30). С. 68–71.
113. Кравченко П.А. О нормативах качества законодательных актов, регулирующих деятельность в сфере обеспечения безопасности дорожного движения в Российской Федерации // Транспорт Российской Федерации. - 2013. - №4 (47). - С. 20-23.
114. Крамер Г., Линдбеттер М. Стационарные случайные процессы. М.: Мир, 1969. 398 с.
115. Кутлалиев А., Попов А. Эффективность рекламы. М.: Изд-во Эксмо, 2006. - 416 с.
116. Литvak Б.Г. Разработка управленческого решения: Учеб. для вузов. М.: Дело, 2000. 392 с.
117. Луканин В.Н., Буслаев А.П., Трофименко Ю.В., Яшина М.В. Автотранспортные потоки и окружающая среда. - М.: "ИНФРА-М - НОРМА", 2001. - 464 с.
118. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Промышленно-транспортная экология: Учебник для транспортных вузов. - М.: Высшая школа, 2001. - 273 с.
119. Лукашин Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов. Учеб. пособие / М.: Финансы и статистика, 2003. 416 с.
120. Луковецкий М.А. Безопасность движения: организация, планирование и управление предприятиями: Учеб. для вузов. М.: Трансп., 1988. - 196 с.

121. Луковецкий М.А., Попова Е.П. Определение экономической эффективности мероприятий по повышению безопасности дорожного движения / Моск. автомобил.-дорож. ин-т М., 1988. - 96 с.
122. Лукьянов В.В. Безопасность дорожного движения. М.: Транспорт, 1983. 260 с.
123. Льюис К.Д. Методы прогнозирования экономических показателей /Пер. с англ. Е.З. Демиденко. М.: Финансы и статистика. 1986. 133 с.
124. Лю Б Теория и практика неопределенного программирования / Б. Лю; Пер. с англ. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. 416 с.
125. Ляпин С.А. Дорожно-транспортные происшествия с причинением материального ущерба как объект информатизации / С.А. Ляпин, В.Э. Клявин, В.В. Ситников // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств: матер. межд. заочн. науч.-техн. конф., Пенза: ПГУАС. 2014. С. 121-124.
126. Ляпин С.А. Карточка учета дорожно-транспортных происшествий как база данных для анализа аварийности // С.А. Ляпин, В.Э. Клявин, В.В. Ситников // Инновационные подходы к решению технико-экономических проблем: межд. науч.-практ. конф, М.: МИЭТ. 2014. С. 58-61.
127. Ляпин С.А. Методологические основы повышения эффективности системы регистрации, анализа и предотвращения дорожно-транспортных происшествий // С.А. Ляпин, В.Э. Клявин, В.В. Ситников // Транспорт-2014: межд. науч.-практ. конф., Часть 3. Технические и естественные науки, Ростов-на-Дону: РГУПС. 2014. С. 82-84.
128. Майоров В. И. Системный подход к обеспечению безопасности участников дорожного движения //Транспортное право. - 2008. - № 2. - С. 10-12.

129. Майоров В.И. К вопросу о правовом регулировании в сфере дорожного движения // Законы России: опыт, анализ, практика. - 2007. - №11. - С. 14-18.
130. Максимов В.А., Сарбаев В.И., Исмаилов Р.И., Воробьев И.В. Нормативное обеспечение экологической безопасности автомобильного транспорта: Учебное пособие. - М.: Изд-во. МАДИ (ГТУ), 2004. - 235 с.
131. Матанцева О.Ю., Юров А.П. Разработка типовой методики оценки эффективности мероприятий по безопасности дорожного движения // Грузовое и легковое автохозяйство- 2000. № 9. - С.16-19.
132. Михайлова Ю.В., Семенова В.Г., Боровков В.Н. Проблемы смертности от травм, отравлений и других последствий воздействия внешних причин. // "Профилактика заболеваний и укрепление здоровья", 2002, N 5, С.15-18.
133. Николаев В.В. Информационная теория контроля и управления. СПб.: Судостроение, 1973. 288 с.
134. Олдендерфер М. С., Блэшфилд Р. К. Кластерный анализ / Факторный, дискриминантный и кластерный анализ: пер. с англ.; Под. ред. И. С. Енюкова. М.: Финансы и статистика, 1989. 215 с.
135. Олещенко Е. М., Кравченко П. А. Инновационные элементы в региональных программах обеспечения безопасности дорожного движения // Транспорт Российской Федерации. – 2012. - №3-4 (40-41). - С. 45-51.
136. Отраслевой дорожный методический документ ОДМ 218.4.005-2010 "Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах".- М.: Федеральное дорожное агентство (Росавтодор), 2011.- 187 с.

137. Отраслевой дорожный методический документ ОДМ 218.6.015-2015 "Рекомендации по учету и анализу дорожно-транспортных происшествий на автомобильных дорогах Российской Федерации" (рекомендован распоряжением Федерального дорожного агентства от 12 мая 2015 г. N 853-р).
138. Панасович А.В. Состояние безопасности дорожного движения в Липецкой области / Матер. межрегион. науч. конф. «Актуальные проблемы безопасности дорожного движения и пути их решения», Липецк, 2011. С. 10-23.
139. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление / А. Пегат; пер. с англ. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. 798 с.
140. Положение «О Государственной инспекции безопасности дорожного движения МВД РФ» от 15 июня 1998 г. №711 // СУ РФ, 1998, №7, (в ред. Указа Президента РФ от 02.07.2002 N 679, от 03.05.2005 N 497).
141. Попов Э.В. Экспертные системы: Решение неформализованных задач в диалоге с ЭВМ. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. 288 с.
142. Постановление от 23 июля 2004 г. № 374 «Об утверждении Положения о Федеральном дорожном агентстве».
143. Постановление Правительства Российской Федерации от 06.08.1998 № 894 «Об утверждении Правил государственного учета показателей безопасности дорожного движения органами внутренних дел Российской Федерации».
144. Постановление Правительства РФ от 25 апреля 2006 г. N 237 "О Правительственной комиссии по обеспечению безопасности дорожного движения".

145. Правила учета дорожно-транспортных происшествий (утв. постановлением Правительства РФ от 29 июня 1995 г. N 647).
146. Приказ МВД России от 19 июня 2015 г. № 699 "Об организации учета, сбора и анализа сведений о дорожно-транспортных происшествиях".
147. Приказ МВД РФ № 678 от 16.06.2011 г. «Об утверждении Положения о Главном управлении по обеспечению безопасности дорожного движения Министерства внутренних дел Российской Федерации».
148. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 11 июля 2008 года № 332 «О порядке организации мониторинга реализации мероприятий, направленных на совершенствование организации медицинской помощи пострадавшим при дорожно-транспортных происшествиях».
149. Приказ Минтранса РФ от 2 апреля 1996 г. N 22 "Об утверждении Формы учета дорожно-транспортных происшествий владельцами транспортных средств".
150. Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования / А.Н. Борисов и др.; отв. ред. А.Н. Борисов. – Рига: Зинатне, 1990. – 184 с.
151. Прогнозирование в системе STATISTICAL в среде Windows. Основы теории и интенсивная практика на компьютере: Учеб. пособие / В.П. Боровиков, Г.И. Ивченко. - М.: Финансы и статистика, 2000. - 384 с.
152. Психологические проблемы деятельности в особых условиях/ Под ред. Б. Ф. Ломова, Ю. М. Забродина. - М.: Наука, 1985. - 232 с.

153. Пугачев И. Н. Организация и безопасность движения: Учеб. пособие /И. Н. Пугачёв. – Хабаровск: Изд–во Хабар. гос. техн. ун–та, 2004. – 232 с.
154. Пугачёв И.Н. Организация и безопасность дорожного движения: учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений / И.Н. Пугачёв, А.Э. Горев, Е.М. Олещенко. М.: Издательский центр «Академия», 2009. 272 с.
155. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход. 2 изд. М.: Издательский дом "Вильямс", 2006. 1408 с.
156. Ремни безопасности и детские удерживающие устройства - руководство по безопасности дорожного движения для руководителей и специалистов // Лондон: Фонд ФИА Автомобиль и общество. 2009. 232 с.
157. Решетова Е.М. Институциональные факторы повышения безопасности дорожного движения // Аналитический вестник Совета Федерации Федерального Собрания РФ № 33 (632). СПб. 2016. С. 46-58.
158. Рифницкий Г.П. Безопасность дорожного движения в России: история и современность. – М.: МосУ МВД России, Книжный мир. 2005. – 265 с.
159. Романов А. Н. Надежность водителя: учеб. пособие / А. Н. Романов, П. А. Пегин. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2006. – 376 с.
160. Россинский Б.В. Организационно-управленческие проблемы функционирования государственной системы обеспечения безопасности дорожного движения. М.: НИЦ ГАИ МВД РФ, ИНИ, 1993. – 168 с.

161. Ротенберг Р.В. Основы надежности систем «Водитель-автомобиль-дорога-среда». М.: Машиностроение, 1986. - 216 с.
162. Руне Э., Анне Боргер Мюссен, Трюле В.О. Справочник по безопасности дорожного движения / Научи, ред. В.В. Сильянов. - Осло-Москва-Хельсинки: Изд. МАДИ (ГТУ), 2001. - 753 с.
163. Рыбин А.А. Методика выбора мероприятий по безопасности движения // Повышение качества организации движения и автомобильных перевозок: Сб. науч. тр., МАДИ. М., 1986. - С. 88-91.
164. Рыбин В.В. Основы теории нечетких множеств и нечеткой логики: Учебное пособие. М.: Изд-во МАИ, 2007. 96 с.
165. Рябоконь Ю.А. Государственное управление безопасностью дорожного движения: учебное пособие. – Омск: СибАДИ, 2013. – 280 с.
166. Рябчинский А.И., Капский Д.В. Повышение безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности Республики Беларусь // Вестник ТОГУ. - 2012. - №3 (26). - С. 91-98.
167. Рябчинский А.И., Русаков В.З., Карпов В.В. Устойчивость и управляемость автомобиля и безопасность дорожного движения: Учебное пособие / Под ред. А.И Рябчинского. - Шахты: Изд. ЮРГУЭС, 2003. - 177 с.
168. Рябчинский А.И., Русаков В.З., Козырева Е.А. Информационное обеспечение автомобиля и безопасность дорожного движения: Учебное пособие / Под ред. А.И Рябчинского. - Шахты: Изд. ЮРГУЭС, 2003. - 136 с.
169. Рябчинский А.И., Токарев А.А., Русаков В.З. Динамика автомобиля и безопасность дорожного движения: Учебное пособие / Под ред. А.И. Рябчинского. - М.: Изд. МАДИ (ГТУ), 2002. - 131 с.

170. Рябчинский А.И., Трофименко Ю.В., Шелмаков С.В. Экологическая безопасность автомобиля: Учебное пособие/ Под ред. В.Н. Луканина. - М.: Изд-во. МАДИ (ГТУ), 2000. - 95 с.
171. cStatSoft, Inc. (2012). Электронный учебник по статистике. Москва, StatSoft. WEB: <http://www.statsoft.ru/home/textbook/default.htm>.
172. Сиденко В.М., Рыбальченко А.А. Комплексный метод оценки безопасности дорожного движения // Автодорожник Украины. 1978. - № 3. - С.42-43.
173. Собин М.С. Организация парковочного пространства в районе центрального рынка г. Липецка / М.С. Собин, В.Э. Клявин // Научная конференция студентов и аспирантов Липецкого ГТУ: сб. докладов, Липецк: ЛГТУ. 2016. С. 301-303.
174. Социологические методы в современной исследовательской практике: НИУ ВШЭ; РОС; ИС РАН. – М.: НИУ ВШЭ, 2011. – 557 с.
175. Справочник по безопасности дорожного движения (справочное пособие) - М. РОСАВТОДОР, 2010. - 384 с.
176. Справочник по безопасности дорожного движения: Обзор мероприятий по безопасности дорожного движения / Эльвик Р., Боргер А., Эствик Э., Ваа Т.; Пер. с норв. под рук. У. Агаповой; Ин-т экономики трансп. (Осло). Осло; Копенгаген, 1996. - 646 с.
177. Статистика: учеб, для студ. учреждений сред. проф. образования / В. С. Мхитарян, Т. А. Дуброва, В.Г.Минашкин и др. Под ред. В. С.Мхитаряна. 12 изд. М. : Издательский центр «Академия», 2013. 304 с.
178. Степанов И.С. Влияние элементов системы водитель - автомобиль - дорога – среда на безопасность дорожного движения:

Учебное пособие / И.С. Степанов, Ю.Ю. Покровский, В.В. Ломакин, Москаleva Ю.Г. – М.: МГТУ «МАМИ», 2011. – 171 с.

179. Суворов В.А. Теория индексов: Учебное пособие Часть I. - Липецк: Изд-во ЛЭГИ, 2000. 75 с.

180. Теория статистики: Учебник / Р.А. Шмойлова, В.Г. Минашкин, Н.А. Садовникова, Е.Б. Шувалова. Под ред. Р.А. Шмойловой. 4 изд. М.: Финансы и статистика, 2004. 656 с.

181. Тьюки Д. В. Анализ результатов наблюдений. Разведочный анализ / М.: Мир, 1981. 696 с.

182. Управление скоростью - руководство по безопасности дорожного движения для руководителей и специалистов // Женева: Глобальное партнерство по безопасности дорожного движения 2008. 164 с.

183. Федеральная служба государственной статистики. Приказ от 21 мая 2014 г. № 402 «Об утверждении статистического инструментария для организации Министерством внутренних дел Российской Федерации федерального статистического наблюдения о дорожно-транспортных происшествиях»

184. Федеральная целевая программа «Повышение безопасности дорожного движения в 2013 – 2020 годах» (утв. постановлением Правительства РФ от 3 октября 2013 г. N 864). М.: 2013.

185. Федоров В. А. Разработка методики совершенствования контроля исполнения норм безопасности дорожного движения: Дисс. в виде науч. докл.канд. техн. наук. СПб., 1998. - 50 с.

186. Федоров В. А., Кравченко П. А. Кардинальное совершенствование законодательного обеспечения деятельности по предупреждению

причин возникновения ДТП в России // Транспорт Российской Федерации. 2013. № 1 (44). С. 8–13.

187. Федоров В. А., Кравченко П. А. Кардинальное совершенствование законодательного обеспечения деятельности по предупреждению причин возникновения ДТП в России // Транспорт Российской Федерации. - 2013. № 2. С. 14—18.

188. Федоров В. А., Кравченко П. А. О концепции государственной системы управления безопасностью дорожного движения // Сб. докладов 4-й Междунар. конф. «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах». СПб.: СПбГАСУ, 2000. С. 3 – 9.

189. Философский энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1989. 840 с.

190. Фролов Ю.Н. Техническая эксплуатация и экологическая безопасность автомобильного транспорта: Учебное пособие. - М.: Изд-во. МАДИ (ГТУ), 2001. - 135 с.

191. Хальфин Р.А., Какорина Е.П., Михайлова Л.А. Статистический учет и отчетность учреждений здравоохранения. Под общей ред. академика РАМН В.И. Стародубова. Москва, МЦФЭР, 2005, 367 с.

192. Чванов В.В. Учет поведения водителей при оценке уровня безопасности дорожного движения // Наука и техника в дорожной отрасли. - 2009. - №3. - С. 9-12.

193. Шипунов Д.А. Дорожно-транспортный травматизм как проблема здоровья населения: пути решения. // Бюлл. НИИ им. Н.А. Семашко. Тем. вып.: "Медико-социальные аспекты здоровья и воспроизводства населения в России в 90-е годы". Ч. I. 1997. С.140-142.

194. Эконометрика / Н.П. Тихомиров, Е.Ю. Дорохина. М.: Изд-во Рос. экон. акад., 2002. 640 с.
195. Юсифов Р.Ю. Исследование дорожных условий при выявлении причин дорожно-транспортных происшествий: Учебное пособие. - М.: Изд-во. МАДИ (ГТУ), 1999. - 60 с.
196. Activities of the Bloomberg Philanthropies Global Road Safety Programme (formerly RS10) in Russia: promising results from a sub-national project / Slyunkina ES, Kliavin VE, Gritsenko EA, Petruhin AB, Zambon F, et al. // Injury. Int J Care Injured. 2013; 44 Suppl 4: pp.64–69.
197. Adamos, G., Areal, A., Ausserer, K., Delhomme, P., Divjak, M., de Dobbeleer, W., et al. (2008). Effects of Road Safety Campaigns. Deliverable D-1.1. T. Vaa (Ed.). Brussels: IBSR-BIVV.
198. Almqvist S., Hyden C. Methods for assessing traffic safety in developing countries. Lund, 1994. - 20 p. - (Building Iss. - Vol. 6, № 1).
199. Delhomme, P., De Dobbeleer, W., Forward, S., Simões, A., Adamos, G., Areal, A., et al. (2009). Manual for Designing, Implementing and Evaluating Road Safety Communication Campaigns. P. Delhomme., W. De Dobbeleer, S. Forward, S., & A. Simões, (Eds.). Brussels: IBSR-BIVV.
200. Delhomme, P., Vaa, T., Meyer, T., Harland, G., Goldenbeld, C., Järmark, S., et al. (1999). Evaluated road safety media campaigns: An overview of 265 evaluated campaigns and some meta-analysis on accidents (EC, Deliverable 4. Gadget project. Contract N°: RO-97-SC.2235). Arcueil: INRETS.
201. Drinking and driving: a road safety manual for decision-makers and practitioners // Geneva: Global Road Safety Partnership. 2007. 172 p.

202. Elliott, B. (1993). Road Safety Mass Media Campaigns: A Meta Analysis. Canberra: Federal Office of Road Safety.
203. Elvik R. Can injury prevention efforts go too far? Reflections on some possible implications of Vision Zero for road accident fatalities, *Accident Analysis and Prevention*, Vol 31, 265-286.
204. Evaluation of the five-year Bloomberg Philanthropies Global Road Safety Program in the Russian Federation / S. Gupta, N. Paichadze, E. Gritsenko, V. E. Klyavin, E. Yurasova, A.A. Hyder // *Public health*. 2017. № 144. pp. 5-14.
205. Expert system saves 20 million L on pipeline management. *C&I* July, 1994, p.31.
206. F. Hayes-Roth, N. Jacobstein. The State of Knowledge-Based Systems. *Communications of the ACM*, March, 1994, v.37, n.3, pp.27-39.
207. Fildes B, Fitzharris M, Koppel S, Vulcan P, Brooks C. Benefits of seat belt reminder systems. *Annu Proc Assoc Adv Automot Med*. 2003;47: 253-266.
208. Fildes B., Charlton J., Fitzharris M. & Pronk N. Older driver safety A challenge for Sweden's 'Vision Zero', presentation at the Australian Transport Research Forum, Hobart, Tasmania, April 2001.
209. Flynn BC. Healthy Cities: toward worldwide health promotion. *Annu Rev Public Health*. 1996;17:299-309.
210. Global status report on road safety 2015. Geneva: World Health Organization; 2015. 324 p.
211. Helmets: a road safety manual for decision-makers and practitioners // Geneva: World Health Organization. 2006. 174 p.

212. Intersectoral action to improve road safety in two regions of the Russian Federation / V. Kondratiev, V. Grishin, S. Orlov, V. Klyavin, E. Yurasova, D. Sethi, M. Peden, Sh. Gupta, L. Migliorini // Public Health Panorama. Volume 1. Issue 2. 2015. pp. 192-197.
213. Jacobs G, Aaron-Thomas A, Astrop A. Estimating global road fatalities. London, Transport Research Laboratory, 2000 (TRL Report No. 445).
214. Jamison DT, Breman JG, Measham AR, et al., editors. Disease Control Priorities in Developing Countries, 2nd edition / The World Bank; New York: Oxford University Press; 2006. 1452 p.
215. Johansson R., Lie A. and Tingvall C. The Vision Zero; what is it and what has it done in Sweden, Paper presented at the 1998 Traffic Safety Summit, Kananaskis, Canada.
216. Koornstra M et al. Sunflower: a comparative study of the development of road safety in Sweden, the United Kingdom and the Netherlands. – Leidschendam: Institute for Road Safety Research, 2002. – 324 p.
217. Kopits E., Cropper M. Traffic fatalities and economic growth. – Washington: DC, The World Bank, 2003. – 53 p.
218. Lonero L et al. Road safety as a social construct. – Ottawa: Northport Associates, 2002. – 324 p.
219. O'Neill B, Mohan D. Reducing motor vehicle crash deaths and injuries in newly motorizing countries // British Medical Journal. – 2002. – 324 p.
220. P. Harmon. The Market for Intelligent Software Products. Intelligent Sopware Strategies 1992, v.8, n.2, pp.5-12.
221. P. Harmon. The Size of the Commercial AI Market in the US. Intelligent Software Strategies. 1994, v.10, n.1, pp. 1-6.

222. Practical steps in enhancing road safety Lessons from the Road safety in 10 countries project (RS 10) 2010–2014 in the Russian Federation / E. Yurasova, D. Sethi, M. Peden, V. Klyavin et al. // WHO Regional Office for Europe. 2015. 64 p.
223. Rapid assessment of road safety policy change: relaxation of the national speed enforcement law in russia leads to large increases in the prevalence of speeding / K. Bhalla, N. Paichadze, S. Gupta, D. Bishai, A.A. Hyder, V. E. Klyavin, E. Gritsenko // Injury Prevention. 2015. T. 21. № 1. pp. 53-56.
224. Rice, R.E., & Atkin, C.K. (1994). Principles of successful communication campaigns. In J. Bryant & D. Zillmann (Eds.), Media effects: Advances in theory and research (pp. 365-388). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
225. Richter ED, Berman T, Friedman L, Ben-David G. Speed, road injury, and public health. Annu Rev Public Health. 2006 ;27:125-52.
226. Roberts I, Mohan D, Abbasi K. War on the roads [Editorial] // British Medical Journal. – 2002. – 16 p.
227. Rothe JP, ed. Driving lessons: exploring systems that make traffic safer Edmonton, University of Alberta Press, 2002. – 32 p.
228. Scientific Basis of the Expert System of Road Safety / Viktor Korchagin, Anatoly Pogodaev, Vladimir Klyavin, Vitali Sitnikov // Transportation Research Procedia. 2017. № 20 pp. 321 – 325.
229. Seat belt and child seat use in lipetskaya oblast, Russia: frequencies, attitudes, and perceptions / S. Ma, A.A. Hyder, N. Tran, F. Zambon, V.E. Klyavin, K.W. Hatcher, A. B. Petruhin, E.S. Slyunkina, F. Zambon // Traffic Injury Prevention. 2012. T. 13. № 1. pp. 76-81.

230. Tapia Granados JA. Reducing automobile traffic: an urgent policy for health promotion. *Rev Panam Salud Publica*. 1998 Apr;3(4):227-41.
231. The Swedish Traffic Conflict Technique / Dep. Of Traffic Planning and Engineering at al. Lund, 1992. - 18 p.
232. Tingvall C., Backgrounder: Sweden: A Road Safety Model with Global Potential. 2006. URL: <http://www.globalroadsafety.org/tingvallfmal.doc>
233. Tingvall C., Haworth N. Vision Zero: an ethical approach to safety and mobility // <http://www.general.monash.edu.au/> MUARC/viszero. htm, accessed 30 October 2003).
234. Trinca GW et al. Reducing traffic: the global challenge. – Melbourne: Royal Australasian College of Surgeons, 1988. – 87 p.
235. Viktor Kondratiev, Vitaliy Shikin, Vladimir Grishin, Sergey Orlov, Vladimir Klyavin, Elena Yurasova, Dinesh Sethi, Margaret Peden, Shivam Gupta, Luigi Migliorini. Intersectoral Action to Improve Road Safety in two Regions of the Russian Federation. *Public Health Panorama*. Volume 1, ISSUE 2, September 2015. S198-204.
236. Waters H. R., Hyder A. A., Phillips T. L. Economic Evaluation of Interventions for Reducing Road Traffic Injuries—A Review of Literature with Applications to Low and Middle-Income Countries. *Asia Pacific Journal of Public Health*. 2004;16 (1):23–31.
237. Wegman F., Elsenaar P. Sustainable solutions to improve road safety in the Netherlands. Research, 1997 (SWOV Report D-097-8). – 21 p.
238. Wesemann P. Economic evaluation of road safety measures. – Leidschendam: Institute for Road Safety Research, 2002. – 97 p.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(справочное)
Справки о реализации научных результатов



WORLD HEALTH ORGANIZATION
 ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ
 WELTGESUNDHEITSGESELLSCHAFT
 ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

REGIONAL OFFICE FOR EUROPE
 BUREAU RÉGIONAL DE L'EUROPE
 REGIONALBÜRO FÜR EUROPA
 ЕВРОПЕЙСКОЕ РЕГИОНАЛЬНОЕ БЮРО

Head office:
 UN City, Marmorvej 51,
 DK-2100 Copenhagen Ø, Denmark
 Tel.: +45 45 33 70 00; Fax: +45 45 33 70 01
 Email: contact@euro.who.int
 Website: <http://www.euro.who.int>

Our reference: WHO-IUUS-391 Your reference:
 Notre référence: Votre référence:
 Unser Zeichen: Ihr Zeichen:
 См. наш номер: На Ваш номер:

05 июня 2017 г.

Б.Э. Клявину
 Доценту
 Липецкого государственного
 технического университета

Уважаемый Владимир Эристович,

Благодарим Вас за сотрудничество в области безопасности дорожного движения в рамках Проекта по безопасности дорожного движения в 10 странах. В результате реализации проекта был накоплен важный опыт, представляющий интерес для Российской Федерации и других стран Европейского региона ВОЗ.

Мы также благодарим Вас за участие в качестве временного советника ВОЗ в миссии ВОЗ для оценки безопасности дорожного движения в Туркменистане 25-28 января 2016 г. Данная миссия была организована в ответ на запрос Министерства здравоохранения и медицинской промышленности Туркменистана для оказания поддержки в разработке индикаторов безопасности дорожного движения и обсуждения дальнейшего содействия со стороны ВОЗ в отношении укрепления потенциала для реализации стратегии обеспечения безопасности дорожного движения.

В рамках вышеуказанной миссии на основе опыта Проекта и апробированных в его рамках методов были разработаны и предложены индикаторы мониторинга и оценки реализации Национальной программы Туркменистана по обеспечению дорожной безопасности на 2015-2017 гг. применительно к таким факторам риска, как скорость, вождение в нетрезвом виде, рассеянное вождение, использование ремней безопасности, детскихдерживающих устройств, мотоциклетных шлемов. Задачи миссии были полностью выполнены.

С уважением,

Д-р Мелита Вуйнович
 Представитель ВОЗ в Российской Федерации

Копия: ректору Липецкого государственного технического университета, проф. Погодину Анатолию Кирилловичу

WHO Country Office, Russian Federation

9, Leontyevsky side-street
 125009 Moscow
 Russian Federation

Tel.: +7 495 787 2108
 Fax: +7 495 787 2119

Email: eurusco@who.int
 Website: <http://www.euro.who.int/russianfederation>

УТВЕРЖДАЮ
заместитель начальника управления
инновационной, промышленной
политики и транспорта


В.И. Елфимов
14 июля 2010 г.

СПРАВКА

О реализации результатов научной работы:
«Обеспечение безопасности
устойчивого транспортного обслуживания
при доставке научоёмкой продукции Липецкой области»

Научный руководитель – В.А. Корчагин, руководитель – В.Э. Клявин

Ответственный исполнитель – Ю.Н. Ризаева, исполнитель – А.В. Симаков

На основе разработанной профессором Корчагиным В.А. концепции маркетингово-экологического управления авторами работы в рамках договора о научном сотрудничестве выполнен комплекс исследований по организации безопасного движения транспорта при доставке научоёмкой продукции с ОАО «НЛМК» и особой экономической зоны «Липецк».

При разработке областных программ инновационного экоразвития транспортной системы и обеспечения безопасности автомобильного транспорта сотрудники транспортного отдела использовали следующие разработки Липецкого государственного технического университета:

новая концепция маркетингово-экологического комплексного управления;
методологические основы и теоретические положения сбалансированного взаимодействия автотранспортных систем и окружающей среды;
теоретические положения и принципы обеспечения безопасности движения транспортных потоков.

Внедрение научных результатов указанной работы позволило уменьшить себестоимость перевозок грузов при доставке готовой продукции НЛМК потребителям на 8% и массу выбросов вредных веществ с отработавшими газами автомобильных двигателей в окружающую среду на 12%.

За счет организации дорожного движения увеличена производительность подвижного состава на 9% и снижена себестоимость перевозок научоемкой продукции на 11%.

Начальник отдела транспорта
управления инновационной,
промышленной политики
и транспорта



А.А. Лыткин



**УПРАВЛЕНИЕ
ДОРОГ И ТРАНСПОРТА
ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ**

398600, г.Липецк, ул.Неделина, 2-а
Тел.: (4742) 25-88-88
Факс: (4742) 25-88-99
E-mail: avtodor@admrlipetsk.ru
www.admrlipetsk.ru

27.01.17. № 231сб

На № _____

УТВЕРЖДАЮ
начальник управления
дорог и транспорта Липецкой области



В.И. Ефимов

СПРАВКА

О реализации результатов научной работы
**«Теоретико-прикладные методы повышения эффективности, экологической и дорожной
безопасности автотранспортного обслуживания региона»**
 Научный руководитель - В.А. Корчагин, руководитель - В.Э. Клявин,
 исполнитель - В.В. Ситников

На основе разработанной профессором Корчагиным В.А. концепции открытой социоприродоэкономической системы авторами работы в рамках договора о научном сотрудничестве выполнен комплекс исследований по разработке теоретических и практических основ менеджмента по организации и безопасности дорожного движения.

При разработке областных программ повышения безопасности дорожного движения и снижения дорожного травматизма сотрудники транспортного отдела использовали следующие разработки Липецкого государственного технического университета:

новая концепция и экономико-математический инструментарий экспертной системы для обеспечения нормативного уровня системной безопасности транспортных процессов;

теоретические положения и принципы обеспечения безопасности движения транспортных средств.

Внедрение научных результатов указанной работы позволяет объединить научные разработки в области безопасности и организации дорожного движения и решать следующие основные задачи:

- снижение дорожного травматизма;
- уменьшение экономического ущерба от дорожно-транспортных происшествий;
- повышение эффективности использования средств, направляемых на повышение уровня безопасности дорожного движения;
- постоянный мониторинг и принятие оперативных решений по управлению безопасностью дорожного движения;
- оценка эффективности мероприятий по снижению дорожного травматизма и аварийности.

Разработан объективный метод выбора наиболее экологически безопасного варианта организации эффективной эксплуатации автомобильного транспорта.

Главный консультант
отдела инноваций и проектирования, к.т.н.

А.В. Симаков

УТВЕРЖДАЮ
Начальник Управления ГИБДД УМВД
России по Липецкой области

А.В. Панасович

20 января 2017 г.

СПРАВКА

О реализации результатов диссертационной работы «Разработка научных методов повышения уровня системной безопасности дорожного движения»
соискателя к.т.н., доцента В.Э. Клявина

Научный консультант - В.А. Корчагин.

На основе разработанной профессором Корчагиным В.А. концепции открытой социоприродоэкономической транспортной системы в рамках договора о научном сотрудничестве выполнен комплекс исследований по разработке теоретических и практических основ по организации и системной безопасности дорожного движения в Липецкой области.

В практической деятельности и при разработке городских и областных программ повышения безопасности дорожного движения и снижения дорожно-транспортного травматизма использованы следующие разработки Липецкого государственного технического университета:

- теоретические и научно-методологические принципы функционирования экспертной системы безопасности дорожного движения и алгоритмы оценки риска возникновения ДТП;
- неформализованные подходы к реализации задач статической и динамической оценки риска возникновения ДТП.

За период с 2010 г. по 2015 г., количество ДТП в Липецкой области снизилось на 21,88%, число погибших уменьшилось на 23,43%, раненых - на 24,36%, в то время, как в среднем по России снижение произошло соответственно на 9,96%, 15,05% и 10,03%. Необходимо отметить, что значительный вклад в достижение этих результатов внесли разработки Липецкого государственного университета в сфере безопасности дорожного движения.

Внедрение научных результатов диссертационной работы позволяет объединить научные разработки в области безопасности и организации дорожного движения и решать следующие основные задачи:

- снижение уровня дорожно-транспортного травматизма и аварийности;
- уменьшение экономического и экологического ущерба от дорожно-транспортных происшествий;
- постоянный мониторинг и принятие оперативных решений по управлению безопасностью дорожного движения;
- оценка эффективности мероприятий по снижению дорожно-транспортного травматизма и аварийности.

Начальник отдела ОАР и ПБДД
УГИБДД УМВД России по Липецкой области

Б.В. Двуреченский

УТВЕРЖДАЮ

Начальник Управления ГИБДД ГУ МВД
России по Воронежской области
подполковник полиции

Шаталов Е.В.

11.04 2017 г.

СПРАВКА

Об использовании результатов диссертационной работы «Разработка научных методов повышения уровня системной безопасности дорожного движения»

Научный консультант - В.А. Корчагин, соискатель - В.Э. Клявин,

Для повышения эффективности правоприменительной практики приняты к практическому применению следующие научные методы, полученные в ходе выполнения диссертационной работы:

- статическая и динамическая оценка риска возникновения ДТП на УДС на основе теории нечетких множеств;
- математические модели прогнозирования показателей аварийности, таких как количество ДТП, раненых и погибших, количество нарушений ПДД, приводящих к совершению ДТП;
- метод определения темпов количества и последствий ДТП.

Зам. начальника
Управления ГИБДД ГУ МВД
России по Воронежской области,
подполковник полиции

С.А. Коняев

Утверждаю
Председатель Департамента транспорта
Администрации города Липецка



А.С. Алынин

2017

СПРАВКА

Об использовании результатов диссертационной работы «Разработка научных методов повышения уровня системной безопасности дорожного движения»

Научный консультант - В.А. Корчагин, соискатель - В.Э. Клявин,

В деятельности, направленной на повышение безопасности дорожного движения и снижения дорожного травматизма Департамент транспорта администрации города Липецка использует следующие разработки Липецкого государственного технического университета:

методы статической и динамической оценки риска возникновения ДТП на УДС на основе теории нечетких множеств;

метод классификации улиц муниципальных образований и математическую модель определения принадлежности их к конкретной классификационной группе

методы формирования целевых аудиторий для проведения мероприятий правоприменительной практики и социального маркетинга на основе оценки поведения водителей различных возрастных групп и социальных характеристик;

научно-прикладной инструментарий социально-экономической оценки и отбора наиболее эффективного комплекса мероприятий по повышению уровня БДД.

Использование вышеуказанных методов позволяет принимать обоснованные решения по обеспечению системной безопасности дорожного движения в г. Липецке.

Заместитель председателя департамента
транспорта администрации г. Липецка

 Е.А. Чекрыжов



**ОБЛАСТНОЕ КАЗЕННОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ
«АГЕНТСТВО АВТОМОБИЛЬНОГО
ТРАНСПОРТА
ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ»**

398024, г.Липецк, проспект Победы, 85

Тел.: (4742) 78-30-52, факс (4742) 78-30-62

e-mail: info@aat48.ru, www.aat48.ru

14.04.2017 № 95/1

На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора областного казенного учреждения «Агентство автомобильного транспорта Липецкой области»

А.В. Аксенов



СПРАВКА

Об использовании результатов научной работы «Разработка научных методов повышения уровня системной безопасности дорожного движения»
Научный руководитель - В.А. Корчагин, руководитель - В.Э. Клявин,

С целью повышения эффективности работы приборов автоматической фиксации нарушений правил дорожного движения принятые к использованию следующие научные методы вышеуказанной работы:

методы динамической оценки риска возникновения ДТП на УДС на основе теории нечетких множеств;

метод определения темпов количества и последствий ДТП;

математические модели прогнозирования показателей аварийности.

Ввиду ограниченности числа приборов автоматической фиксации нарушений правил дорожного движения указанные методы позволяют повысить эффективность их использования.

Начальник отдела фотовидеофиксации правонарушений
в области дорожного движения

Дмитриев

В.В. Дмитриев

Утверждаю

Директор муниципального бюджетного учреждения городского округа город Воронеж «Центр организации дорожного движения»

«9 03 2017 г. *Ю.И. Трофимов* Ю.И. Трофимов

**СПРАВКА**

Об использовании результатов научной работы «Разработка научных методов повышения уровня системной безопасности дорожного движения»

Научный руководитель - В.А. Корчагин, руководитель - В.Э. Клявин,

С целью повышения эффективности работы муниципального бюджетного учреждения городского округа город Воронеж "Центр организации дорожного движения" в сфере безопасности движения приняты к использованию следующие научные методы вышеуказанной работы:

методы статической и динамической оценки риска возникновения ДТП на УДС на основе теории нечетких множеств;

методы формирования целевых аудиторий для проведения мероприятий правоприменительной практики и социального маркетинга на основе оценки поведения водителей различных возрастных групп и социальных характеристик;

научно-прикладной инструментарий социально-экономической оценки и отбора наиболее эффективного комплекса мероприятий по повышению уровня БДД.

Перечисленные методы обеспечивают обоснованность принимаемых решений.

Директор муниципального бюджетного учреждения городского округа город Воронеж «Центр организации дорожного движения», к.т.н., доцент

«__ » 2017 г.



Ю.И. Трофимов

Утверждаю
и.о. директора ООО
«Центр организации движения»
(г. Воронеж)
А.А. Карпов



СПРАВКА

Об использовании результатов научной работы «Разработка научных методов повышения уровня системной безопасности дорожного движения»

Научный руководитель - В.А. Корчагин, руководитель - В.Э. Клявин.

С целью повышения эффективности работы ООО "Центр организации дорожного движения" в сфере безопасности движения приняты к использованию следующие научные методы вышеуказанной работы:

методы статической и динамической оценки риска возникновения ДТП на УДС на основе теории нечетких множеств;

метод определения инвестиционной привлекательности мероприятий по повышению безопасности дорожного движения;

научно-прикладной инструментарий социально-экономической оценки и отбора наиболее эффективного комплекса мероприятий по повышению уровня безопасности движения.

Применение перечисленных методов даёт возможность принимать обоснованные решения по повышению безопасности движения.

И.о. директора ООО
«Центр организации движения»
(г. Воронеж)

Карпов А.А.



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «ЛГТУ»
доктор техн. наук, профессор

И.М. Володин

шоне 2017 г.



АКТ

о внедрение результатов научных исследований в учебный процесс

Настоящим актом подтверждается внедрение в учебный процесс обучения студентов ФБГОУ ВО «Липецкий государственный технический университет» по образовательной программе 190700.62 «Технология транспортных процессов (Организация и безопасность движения)» результатов, полученных на основании диссертационного исследования «Разработка научных методов повышения уровня системной безопасности дорожного движения», выполненного кандидатом технических наук, доцентом Клявиным В.Э.

В учебном процессе студентами и преподавателями кафедры «Управления автотранспортом» при изучении дисциплин: «Организация дорожного движения», «Системный анализ транспортных процессов», «Современные методы исследования в технологии транспортных процессов» при выполнении курсовых и выпускных квалификационных работ используются:

1. Клявин В.Э. Актуальные социально-экономические аспекты управления: Монография / В.А. Корчагин, С.А. Ляпин, Ю.Н. Ризаева, В.Э. Клявин и др. // Горловка: АДИ ДонНТУ. - 2017. - 160 с.

2. Клявин В.Э. Автоматизированное рабочее место аналитика ДТП. Свид. о гос. регистр. прог. для ЭВМ № 2015611028 / В.А. Корчагин, В.Э. Клявин, В.В. Ситников // Зарег. 22.01.2015 г.

3. Клявин В.Э. Расчёт оптимального распределения средств на повышение безопасности пешеходных переходов. Свид. о гос. регистр. прог. для ЭВМ № 2015615911 / В.А. Корчагин, В.Э. Клявин, В.В. Ситников // Зарег. 7.04.2015 г.

Декан ФИТ,
доктор техн. наук, профессор

Ляпин С.А.

Зав. кафедрой УАТ,
заслуженный деятель науки РФ,
доктор техн. наук, профессор

Корчагин В.А.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(справочное)

Исходные данные для кластерного анализа

Таблица

	Улица	постр.	Гр. 1	Гр. 2	Гр. 3	Гр. 4	Гр. 5	П	МП
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	50 лет НЛМК ул	20	11	62	4	1	3	25	9
2	60 лет СССР пр-кт	1	1	0	0	0	0	23	13
3	8 Марта ул	12	2	0	3	0	6	21	1
4	9 Мая ул	20	5	0	7	1	2	29	6
5	Адмирала Макарова ул	3	1	0	0	0	2	22	0
6	Балмочных С.Ф. ул	1	1	0	0	0	0	4	2
7	Белана ул	9	3	0	0	0	5	32	1
8	Бестужева пер	1	0	0	1	0	0	7	1
9	Вермишева ул	5	0	0	2	1	1	10	2
10	Водопьянова ул	50	10	0	7	6	10	17	8
11	Гагарина ул	126	39	6	28	11	23	88	21
12	Доватора ул	8	1	10	3	0	3	25	0
13	Железнякова ул	2	1	0	0	0	1	7	1
14	Жуковского ул	3	1	0	0	1	1	21	3
15	З.Космодемьянской ул	47	14	0	7	2	10	13	3
16	Заводская пл	20	8	1	3	1	3	26	6
17	Зегеля ул	16	3	0	5	0	5	19	15
18	Интернациональная ул	4	3	0	0	0	0	40	1
19	К.Маркса ул	12	4	0	1	2	3	5	0
20	Калинина ул	6	2	1	2	1	1	21	2
21	Катукова ул	73	16	0	9	6	28	26	16
22	Космонавтов ул	155	43	1	30	7	45	36	21
23	Краснозаводская ул 1	42	13	9	3	5	4	1	0
24	Краснозаводская ул 2	8	1	0	0	2	1	7	1
25	Краснознаменная ул	9	3	0	2	1	1	22	4
26	Лебедянское ш	18	10	0	1	1	1	8	3
27	Ленина ул	24	6	0	4	0	7	32	3
28	Ленинградская ул	1	1	0	0	0	0	12	1
29	Металлургов пл	3	0	0	1	1	1	9	1
30	Механизаторов ул	20	6	0	3	3	5	31	5
31	Мира пл	18	8	0	2	1	4	9	1
32	Мира пр-кт	35	3	1	12	2	14	23	6

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
33	Московская ул 1	49	23	2	6	2	9	18	6
34	Московская ул 2	78	19	1	21	10	8	17	6
35	Невского ул	2	2	2	0	0	0	12	0
36	Неделина ул	66	19	0	8	4	20	25	11
37	Октябрьская ул	4	2	1	0	0	2	25	1
38	П.Смородина ул	5	2	0	1	0	2	16	1
39	Памятник Танкистам пл	3	3	0	0	0	0	8	0
40	Папина ул	20	8	0	4	2	4	24	2
41	Первомайская ул	22	8	0	0	0	4	29	1
42	Петра Великого пл	10	3	6	1	0	4	12	2
43	Плеханова пл	3	1	1	1	0	1	8	0
44	Плеханова ул	12	2	0	0	0	4	23	4
45	Победы пл	19	3	1	8	2	4	11	7
46	Победы пр-кт	168	43	0	33	7	37	32	18
47	Пушкина ул	2	1	14	1	0	0	14	0
48	Рудный пер	2	0	0	1	1	0	4	0
49	Советская ул	64	15	0	11	1	12	17	9
50	Стаханова ул 1	23	1	4	3	3	6	20	0
51	Стаханова ул 2	20	5	2	5	0	9	10	3
52	Студеновская ул	92	24	1	12	9	14	35	13
53	Театральная пл	6	2	2	0	1	3	5	2
54	Теперика ул	1	1	0	0	0	0	12	0
55	Терешковой ул	56	16	0	6	1	19	30	7
56	Титова ул	2	1	3	0	0	1	13	1
57	Товарный проезд	10	4	0	1	1	1	20	5
58	Ферросплавная ул	4	2	0	0	1	1	12	0
59	Филиппченко ул	2	0	0	1	0	1	12	0
60	Фрунзе ул 1	3	1	0	0	0	1	7	1
61	Циолковского ул	28	7	1	2	1	15	10	7
62	Юных Натуралистов ул	4	3	1	1	0	0	14	0
63	Яна Берзина ул	7	3	0	2	0	2	7	2

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(Справочное)

Исходные данные и результаты расчёта статического анализа
Таблица 1 - Экспертные лингвистические оценки риска возникновения ДТП по видам нарушений

Элемент обустройства	Работник ГИБДД (аналитический отдел)	Эксперты						Группа
		Работник Управления дорог и транспорта	Водитель такси	Водитель грузового автомобиля	Водитель непрофессионал	Работник образования	Медицинский работник	
1 НРПП 2	Низко среднего	Выше среднего	Низко среднего	Выше среднего	Очень высокий	Низкий	Средний	Выше среднего Средний
2 НРПП 4	Выше среднего	Высокий	Высокий	Выше среднего	Выше среднего	Средний	Высокий	Выше среднего Выше среднего 1
3 НРПП 6	Очень высокий	Очень высокий	Высокий	Высокий	Выше среднего	Средний	Высокий	Очень высокий Очень высокий
4 РПП	Низко среднего	Средний	Низкий	Средний	Очень низкий	Выше среднего	Низкий	Средний Средний Ниже среднего
5 ОПЧ	Низкий	Высокий	Низкий	Средний	Высокий	Выше среднего	Высокий	Средний Средний 2
6 Разметка	Высокий	Низко среднего	Средний	Высокий	Очень низкий	Низко среднего	Средний	Высокий Низкий Средний 3
7 ОВ	Высокий	Средний	Выше среднего	Очень высокий	Выше среднего	Очень высокий	Высокий	Высокий Высокий 4
8 ОБ	Низкий	Выше среднего	Низкий	Высокий	Низкий	Высокий	Средний	Выше среднего Ниже среднего Высокий
9 РПАО	Высокий	Выше среднего	Средний	Высокий	Средний	Очень высокий	Выше среднего	Выше среднего Очень высокий
10 АОБК	Выше среднего	Выше среднего	Выше среднего	Выше среднего	Средний	Очень высокий	Высокий Высокий	Высокий Высокий 5

**Таблица 2 - Результат расчета обобщенной оценки риска для элемента обустройства
«Ограждение проезжей части»**

μ	Низкий		Высокий		Низкий		Выше среднего		Высокий		Средний		Средний		Высокий		$\sum_{j=1}^m r_{ij}$		$\sum_{j=1}^m r_{ij} / m$			
	ЛГ	ПГ	ЛГ	ПГ	ЛГ	ПГ	ЛГ	ПГ	ЛГ	ПГ	ЛГ	ПГ	ЛГ	ПГ	ЛГ	ПГ	ЛГ	ПГ	ЛГ	ПГ		
0	0	0,42	0,5	1	0	0,42	0,42	0,92	0,5	1	0,5	1	0,25	0,75	0,25	0,75	0,5	1	3,17	8,08	0,32	0,81
0,1	0	0,42	0,5	1	0	0,42	0,42	0,92	0,5	1	0,5	1	0,25	0,75	0,25	0,75	0,5	1	3,17	8,08	0,32	0,81
0,2	0	0,42	0,5	1	0	0,42	0,42	0,92	0,5	1	0,5	1	0,25	0,75	0,25	0,75	0,5	1	3,17	8,08	0,32	0,81
0,3	0	0,42	0,5	1	0	0,42	0,42	0,92	0,5	1	0,5	1	0,25	0,75	0,25	0,75	0,5	1	3,17	8,08	0,32	0,81
0,4	0	0,42	0,5	1	0	0,42	0,42	0,92	0,5	1	0,5	1	0,25	0,75	0,25	0,75	0,5	1	3,17	8,08	0,32	0,81
0,5	0	0,42	0,5	1	0	0,42	0,42	0,92	0,5	1	0,5	1	0,25	0,75	0,25	0,75	0,5	1	3,17	8,08	0,32	0,81
0,6	0	0,42	0,5	1	0	0,42	0,42	0,92	0,5	1	0,5	1	0,25	0,75	0,25	0,75	0,5	1	3,17	8,08	0,32	0,81
0,7	0	0,42	0,5	1	0	0,42	0,42	0,92	0,5	1	0,5	1	0,25	0,75	0,25	0,75	0,5	1	3,15	8,08	0,32	0,81
0,8	0	0,42	0,57	1	0	0,42	0,42	0,92	0,57	1	0,57	1	0,25	0,75	0,25	0,75	0,57	1	3,43	8,01	0,34	0,80
0,9	0	0,35	0,65	1	0	0,35	0,48	0,85	0,65	1	0,65	1	0,32	0,68	0,32	0,68	0,65	1	4,03	7,60	0,40	0,76
1	0,17	0,17	0,83	0,83	0,17	0,17	0,67	0,67	0,83	0,83	0,83	0,5	0,5	0,5	0,5	0,83	0,83	5,83	5,83	0,58	0,58	

Примечания:

1. ЛГ – левая граница;
2. ПГ – правая граница.

Таблица 3 – Веса элементов обустройства УДС

Улица	Элемент обустройства					
	НРПП	РПП	БОПЧ	Разметка	НВ	ОБ
им. 60 лет СССР	0,2	0,1	0,9	0,75	0,416667	0,916666667
Гагарина	0,16	0,32	0,9	0,58333333	0,229167	0,25
Катукова	0,259259	0,1481	0,333333	0,66666667	0,090909	0
Космонавтов	0,113636	0,1364	0,36364	0,75	0,318182	1
Московская	0,0625	0,125	0,9375	0,83333333	0,166667	1
Неделина	0,24	0,04	0,96	0,75	0,357143	0,857142857
Победы пр-кт	0,052632	0,1316	0,55263	0,66666667	0,142857	0,857142857
Советская	0,285714	0,2857	0,96429	0,58333333	0,111111	1
Студеновская	0,030303	0,1212	0,95455	0,75	0,1	0,4
Терешковой	0,181818	0,3182	0,77273	0,75	0,272727	1

Таблица 4 - Результаты расчета комплексной оценки риска наезда на пешехода

Улицы						
μ	им.60 лет СССР	Гагарина	Катукова	Космонавтов	Московская	Неделина
0	0,2828	0,4414	0,4666	0,158	0,3166	0,2414
0,1	0,2828	0,4414	0,4666	0,158	0,3166	0,2414
0,2	0,2828	0,4414	0,4666	0,158	0,3166	0,2414
0,3	0,2828	0,4414	0,4666	0,158	0,3166	0,2414
0,4	0,2828	0,4414	0,4666	0,158	0,3166	0,2414
0,5	0,2858	0,4414	0,484787	0,158	0,3166	0,2414
0,6	0,2925	0,4414	0,524673	0,158	0,3166	0,2414
0,7	0,299108	0,438938	0,56346	0,158	0,31463	0,239923
0,8	0,30615	0,474152	0,619804	0,158	0,342802	0,261051
0,9	0,367992	0,54928	0,69988	0,204816	0,402904	0,319504
1	0,5494	0,7324	0,883	0,3662	0,5826	0,4826
0,9	0,714208	0,90796	0,953224	0,54932	0,759672	0,661184
0,8	0,77605	0,9414	0,9666	0,621149	0,80145	0,711299
0,7	0,7828	0,9414	0,9666	0,642277	0,8082	0,725385
0,6	0,7828	0,9414	0,9666	0,648321	0,8082	0,731721
0,5	0,7828	0,9414	0,9666	0,654969	0,8082	0,738369
0,4	0,7828	0,9414	0,9666	0,658	0,8082	0,7414
0,3	0,7828	0,9414	0,9666	0,658	0,8082	0,7414
0,2	0,7828	0,9414	0,9666	0,658	0,8082	0,7414
0,1	0,7828	0,9414	0,9666	0,658	0,8082	0,7414
0	0,783092	0,9414	0,9666	0,658	0,808492	0,7414

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(Справочное)

Исходные данные и результаты расчёта динамического анализа

Таблица 1. Экспертные лингвистические оценки риска возникновения ДТП по видам нарушений

Вид нарушения	Работник ГИБДД (ДПС)	Работник ГИБДД (аналитический отдел)	Работник Управления дорог и транспорта	Водитель такси	Водитель автобуса	Водитель грузового автомобиля	Водитель непрофессионал	Инструктор автошколы
1 Не имеет права на управление ТС	Высокий	Высокий	Низкий	Выше среднего	Низкий	Низке среднего	Низке среднего	Высокий
2 Управление ТС в состоянии опьянения	Очень высокий	Высокий	Средний	Очень высокий	Очень высокий	Очень высокий	Выше среднего	Очень высокий
3 Превышение установленной скорости	Выше среднего	Выше среднего	Высокий	Выше среднего	Очень высокий	Очень высокий	Очень высокий	Выше среднего
4 Несоответствие скорости конкретным условиям	Высокий	Высокий	Высокий	Выше среднего	Очень высокий	Высокий	Выше среднего	Выше среднего
5 Выезд на полосу встречного движения	Очень высокий	Высокий	Высокий	Выше среднего	Высокий	Выше среднего	Выше среднего	Средний
6 Не соблюдение очередности проезда	Выше среднего	Высокий	Высокий	Высокий	Высокий	Высокий	Выше среднего	Средний
7 Неподача или неправильная подача сигналов	Средний	Выше среднего	Низкий	Выше среднего	Низкий	Низкий	Высокий	Ниже среднего
8 Неправильный выбор дистанции	Средний	Средний	Низко среднего	Выше среднего	Выше среднего	Высокий	Очень высокий	Высокий
9 Нарушение правила обгона	Высокий	Высокий	Средний	Выше среднего	Низкий	Высокий	Очень высокий	Очень высокий
10 Нарушение правила перестроения	Выше среднего	Низко среднего	Средний	Выше среднего	Низкий	Средний	Низкий	Выше среднего
11 Нарушение правил остановки и стоянки	Низкий	Низкий	Низкий	Средний	Низкий	Очень низкий	Высокий	Средний
12 Нарушение правила перехода пешеходного перехода	Высокий	Средний	Высокий	Выше среднего	Низкий	Низке среднего	Очень высокий	Очень высокий
13 Нарушение правила движения задним ходом	Низко	Высокий	Низкий	Средний	Очень низкий	Очень низкий	Очень низкий	Выше среднего
14 Нарушение требований сигнала светофора	Высокий	Средний	Выше среднего	Выше среднего	Средний	Низкий	Выше среднего	Очень высокий
15 Нарушение требований линий разметки	Высокий	Средний	Низко среднего	Средний	Низкий	Низкий	Низко среднего	Очень высокий
16 Нарушение требований дорожных знаков	Высокий	Средний	Средний	Средний	Низкий	Низкий	Средний	Очень высокий

Таблица 2 - Расчет функции принадлежности для нарушения «Несоответствие скорости конкретным условиям»

μ	r_1		r_2		r_3		r_4		r_5		r_6		r_7		r_8		$r_1 = \frac{1}{8} \sum_{j=1}^m r_{kj}$	
	Высокий		Высокий		Низже среднего		Выше среднего		Низкий		Низже среднего		Высокий		Низко			
	ЛГ	ПГ	ЛГ	ПГ	ЛГ	ПГ	ЛГ	ПГ	ЛГ	ПГ	ЛГ	ПГ	ЛГ	ПГ	ЛГ	ПГ		
0	0,000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0,1	
0,1	0,144	1	0,144	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0,035985	1		
0,2	0,284	1	0,284	1	0	1	0,116	1	0	1	0,116	1	0	1	0	1	0,100148	
0,3	0,381	1	0,381	1	0,047	1	0,213	1	0,047	1	0,213	1	0,047	1	0	1	0,166107	
0,4	0,460	1	0,460	1	0,126	1	0,292	1	0,126	1	0,292	1	0,126	1	0	1	0,235228	
0,5	0,530	1	0,530	1	0,196	1	0,362	1	0,196	1	0,362	1	0,196	1	0,030	0,970	0,300562	
0,6	0,597	1	0,597	1	0,263	1	0,429	1	0,263	1	0,429	1	0,263	1	0,097	0,903	0,367038	
0,7	0,663	1	0,663	1	0,329	1	0,495	1	0,329	1	0,495	1	0,329	1	0,163	0,837	0,433325	
0,8	0,734	1	0,734	1	0,400	0,932	0,566	1	0,400	0,932	0,566	1	0,400	0,932	0,234	0,766	0,503755	
0,9	0,817	1	0,817	1	0,483	0,849	0,649	1	0,483	0,849	0,649	1	0,483	0,849	0,317	0,683	0,58713	
1	1	1	1	1	0,666	0,666	0,832	0,832	0,666	0,666	0,832	0,832	0,666	0,666	0,500	0,500	0,77025	

Примечания:

1. ЛГ – левая граница;
2. ПГ – правая граница.

Таблица 3. Комплексная оценка риска возникновения ДТП

μ	Улицы									
	u_1	u_2	u_3	u_4	u_5	u_6	u_7	u_8	u_9	u_{10}
	$\bar{L}\Gamma$	$\bar{\Pi}\Gamma$	$L\Gamma$	$\bar{L}\Gamma$	$\bar{\Pi}\Gamma$	$L\Gamma$	$\bar{L}\Gamma$	$\bar{\Pi}\Gamma$	$L\Gamma$	$\bar{L}\Gamma$
0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
0,1	0,017	0,990	0,025	0,995	0,009	0,978	0,017	0,996	0,025	0,996
0,2	0,062	0,972	0,072	0,984	0,040	0,946	0,055	0,973	0,084	0,988
0,3	0,108	0,955	0,125	0,972	0,076	0,917	0,091	0,952	0,139	0,976
0,4	0,156	0,938	0,182	0,961	0,114	0,890	0,126	0,932	0,193	0,963
0,5	0,203	0,917	0,237	0,946	0,154	0,860	0,167	0,905	0,246	0,947
0,6	0,255	0,890	0,293	0,928	0,198	0,826	0,217	0,868	0,301	0,926
0,7	0,307	0,864	0,350	0,910	0,241	0,792	0,266	0,831	0,357	0,905
0,8	0,367	0,820	0,414	0,867	0,294	0,741	0,323	0,783	0,422	0,868
0,9	0,439	0,767	0,490	0,814	0,356	0,679	0,391	0,725	0,500	0,824
1	0,609	0,609	0,666	0,666	0,510	0,566	0,566	0,678	0,678	0,737

Примечания:

1. $\bar{L}\Gamma$ – левая граница;
2. $\bar{\Pi}\Gamma$ – правая граница.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(справочное)

Исходные данные для разработки моделей прогнозирования показателей аварийности

Таблица

Месяц	Показатели аварийности								
	Погибло	Ранено	Всего пострадавших	ДТП	Нарушения ПДД				
					Гр. 1	Гр. 2	Гр. 3	Гр. 4	Гр. 5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	4	46	50	44	13	15	7	0	9
2	6	78	84	71	11	24	12	4	19
3	3	89	92	71	17	17	15	2	13
4	6	78	84	73	10	24	18	1	16
5	7	136	143	112	14	41	33	5	19
6	7	115	122	91	12	24	37	5	12
7	4	133	137	113	11	42	39	7	13
8	5	123	128	103	12	36	31	8	13
9	4	132	136	105	13	45	29	4	14
10	9	137	146	121	12	46	34	12	16
11	12	132	144	125	14	48	31	3	29
12	1	123	124	96	14	32	21	2	23
13	5	92	97	75	18	19	22	3	12
14	4	72	76	57	5	18	15	2	14
15	2	90	92	78	7	29	25	4	13
16	3	100	103	85	4	31	28	8	14
17	5	123	128	105	20	32	26	11	16
18	13	119	132	90	10	26	34	6	14
19	10	137	147	107	17	30	38	9	13
20	3	108	111	85	14	31	23	2	15
21	11	159	170	121	15	52	27	6	21
22	8	125	133	101	19	33	18	7	24
23	13	98	111	92	14	43	12	6	17
24	4	116	120	100	12	41	19	7	21
25	4	95	99	70	4	32	20	3	11
26	1	78	79	63	6	31	12	0	14
27	2	100	102	75	12	28	19	5	11
28	5	77	82	62	5	16	19	2	20

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
29	9	132	141	106	13	28	17	33	15
30	5	113	118	91	6	27	28	3	11
31	4	138	142	113	4	43	39	11	17
32	7	125	132	106	9	43	28	12	14
33	2	110	112	92	15	29	22	19	7
34	5	152	157	117	11	47	28	14	17
35	5	107	112	96	7	33	20	9	27
36	3	88	91	77	8	32	18	6	13
37	2	88	90	71	8	24	20	7	12
38	1	61	62	48	6	15	15	5	6
39	3	83	86	72	6	32	19	3	12
40	6	91	97	74	8	22	17	12	12
41	3	123	126	101	6	30	29	22	14
42	7	118	125	104	13	39	28	15	9
43	10	142	152	107	13	32	29	18	15
44	5	126	131	100	14	28	30	11	17
45	3	112	115	88	11	35	13	14	15
46	4	112	116	94	7	38	8	18	23
47	3	100	103	92	9	26	7	32	18
48	3	84	87	76	6	34	7	11	18
49	4	77	81	65	4	24	9	15	13
50	5	60	65	53	2	19	12	8	12
51	3	74	77	64	11	21	6	1	14
52	7	105	112	84	7	31	11	19	12
53	5	107	112	91	6	38	11	21	15
54	6	107	113	93	9	32	15	22	14
55	1	122	123	106	5	42	19	27	13
56	9	119	128	95	9	39	13	25	9
57	3	104	107	86	9	38	8	24	7
58	4	121	125	98	11	34	17	22	14
59	3	93	96	74	9	19	3	24	19
60	4	107	111	94	14	40	4	22	14

ПРИЛОЖЕНИЕ Е
(справочное)
Результаты экспоненциального сглаживания
с параметром $\alpha = 0,1$

Таблица

Номер наблюдения	Группа 4 нарушений ПДД преобразованная	Сглаженный ряд	Остатки
1	2	3	4
1	0,01913	-0,00000	0,01913
2	-1,88604	0,00191	-1,88795
3	4,20879	-0,18688	4,39567
4	-2,69638	0,25268	-2,94906
5	1,39845	-0,04222	1,44068
6	-0,50671	0,10185	-0,60856
7	-1,41188	0,04099	-1,45287
8	-0,31705	-0,10430	-0,21275
9	0,77778	-0,12557	0,90335
10	-0,12739	-0,03524	-0,09215
11	1,96744	-0,04445	2,01190
12	2,06228	0,15674	1,90554
13	6,15711	0,34729	5,80982
14	-6,74806	0,92827	-7,67633
15	-4,65323	0,16064	-4,81387
16	-7,55840	-0,32075	-7,23765
17	8,53644	-1,04451	9,58095
18	-1,36873	-0,08642	-1,28231
19	5,72610	-0,21465	5,94075
20	2,82093	0,37943	2,44151
21	3,91576	0,62358	3,29219
22	8,01060	0,95280	7,05780
23	3,10543	1,65858	1,44685
24	1,20026	1,80326	-0,60300
25	-6,70491	1,74296	-8,44787
26	-4,61008	0,89817	-5,50825
27	1,48476	0,34735	1,13741
28	-5,42041	0,46109	-5,88150
29	2,67442	-0,12706	2,80148
30	-4,23075	0,15309	-4,38384

Окончание таблицы 1

1	2	3	4
31	-6,13592	-0,28530	-5,85062
32	-1,04109	-0,87036	-0,17073
33	5,05375	-0,88743	5,94118
34	1,14858	-0,29331	1,44189
35	-2,75659	-0,14912	-2,60747
36	-1,66176	-0,40987	-1,25189
37	-1,56693	-0,53506	-1,03187
38	-3,47209	-0,63825	-2,83385
39	-3,37726	-0,92163	-2,45563
40	-1,28243	-1,16719	-0,11524
41	-3,18760	-1,17872	-2,00888
42	3,90723	-1,37961	5,28684
43	4,00207	-0,85092	4,85299
44	5,09690	-0,36562	5,46252
45	2,19173	0,18063	2,01110
46	-1,71344	0,38174	-2,09518
47	0,38139	0,17222	0,20917
48	-2,52378	0,19314	-2,71691
49	-4,42894	-0,07855	-4,35039
50	-6,33411	-0,51359	-5,82052
51	2,76072	-1,09564	3,85636
52	-1,14445	-0,71001	-0,43444
53	-2,04962	-0,75345	-1,29616
54	1,04522	-0,88307	1,92828
55	-2,85995	-0,69024	-2,16971
56	1,23488	-0,90721	2,14209
57	1,32971	-0,69300	2,02271
58	3,42454	-0,49073	3,91527
59	1,51938	-0,09920	1,61858
60	6,61421	0,06265	6,55155
61		0,71781	
62		0,71781	
63		0,71781	

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж
(справочное)

Результаты расчётов для временного ряда с сезонными мультиплексивными составляющими

Таблица 1 – Поиск параметров на сетке

Модель номер	Альфа	Дельта	Гамма	Средняя ошибка абс. ошибки	Сумма квадратов	Средние квадраты	Средняя % ошибка	Средняя абс. % ошибки
1	0,100000	0,100000	0,100000	-0,098812	0,631419	41,12061	0,696960	18,11584
2	0,100000	0,100000	0,500000	-0,088648	0,632757	41,43218	0,702240	14,24918
3	0,100000	0,100000	0,600000	-0,086509	0,626359	41,54562	0,704163	15,08350
4	0,100000	0,100000	0,400000	-0,090159	0,640114	41,59026	0,704920	14,06604
5	0,100000	0,100000	0,700000	-0,084813	0,621651	41,86186	0,709523	16,08844
6	0,100000	0,100000	0,300000	-0,089167	0,644882	41,86988	0,709659	15,17069
7	0,100000	0,100000	0,200000	-0,088517	0,641584	41,87456	0,709738	17,32061
8	0,100000	0,100000	0,800000	-0,083263	0,617737	42,25823	0,716241	17,08664
9	0,100000	0,100000	0,900000	-0,081348	0,615835	42,65725	0,723004	18,04084
85	0,200000	0,100000	0,400000	-0,123124	0,674429	47,22797	0,800474	10,65067
								28,60186

Таблица 2 - Значения анализируемой переменной, сглаженные значения, остатки (ошибки сглаживания) и сезонные составляющие

Номер наблюдения	Группа 4 нарушений ПДД преобразованная	Сглаженный ряд	Остатки	Сезонная составляющая
1	2	3	4	5
2	1,04519	0,452491	0,59270	116,8704
3	-0,67176	0,352468	-1,02423	76,5094
4	0,81469	0,358487	0,45620	106,6203
5	1,04541	0,506795	0,53862	
6	0,92086	0,218481	0,70238	
7	1,42991	0,740094	0,68982	
8	1,57799	1,019509	0,55848	
9	-0,66926	0,476468	-1,14573	
10	2,10157	0,806138	1,29543	
11	0,86386	1,134360	-0,27050	
12	0,87088	0,330797	0,54008	
13	0,87790	1,362492	-0,48459	
14	0,88493	1,384478	-0,49955	
15	0,89195	0,458509	0,43344	
16	0,77944	1,518818	-0,73938	
17	1,57839	1,514207	0,06418	
18	0,91303	0,581449	0,33158	
19	0,77973	1,640200	-0,86047	
20	0,92707	1,707120	-0,78005	
21	0,93410	0,646174	0,28792	
22	0,94112	1,620985	-0,67986	
23	0,94815	1,707530	-0,75938	
24	0,95517	0,698121	0,25705	
25	0,96220	1,598665	-0,63647	
26	0,96922	1,673905	-0,70469	
27	0,97624	0,734944	0,24130	
28	0,98327	1,555673	-0,57240	
29	3,12894	1,622006	1,50693	

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
30	0,99732	0,874886	0,12243	
31	-1,69587	1,713007	-3,40888	
32	-0,16214	1,635936	-1,79808	
33	2,01719	0,655632	1,36156	
34	0,78119	1,157739	-0,37654	
35	1,03244	1,534090	-0,50165	
36	1,03946	0,878485	0,16098	
37	1,04649	1,093469	-0,04698	
38	1,05351	1,488061	-0,43455	
39	1,06054	0,894871	0,16567	
40	1,06756	1,090351	-0,02279	
41	2,06080	1,450536	0,61026	
42	-0,65563	0,983292	-1,63892	
43	1,15876	0,948594	0,21017	
44	1,09566	1,325863	-0,23021	
45	1,10268	0,658702	0,44398	
46	0,78236	1,019301	-0,23694	
47	2,76339	1,317340	1,44605	
48	1,12375	0,805503	0,31825	
49	1,13078	1,136853	-0,00607	
50	1,13780	1,696094	-0,55829	
51	1,14483	0,858453	0,28637	
52	0,17220	1,163643	-0,99144	
53	1,04900	1,527736	-0,47874	
54	1,25894	0,815030	0,44391	
55	2,10274	0,997257	1,10548	
56	1,76737	1,704634	0,06274	
57	1,50902	1,031071	0,47795	
58	0,78353	1,321372	-0,53784	
59	1,34965	1,795774	-0,44612	

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5
60	0,42065	1,091103	-0,67045	
61		1,146169		
62		1,635846		
63		0,975850		

ПРИЛОЖЕНИЕ И
(справочное)

**Исходные данные для расчётов темпов изменения количества
ДТП**

Таблица 1 – Механические повреждения автотранспортных средств

Месяц		Число автомобилей, получивших повреждения в ДТП			
		A	B	C	D
Январь	Кол-во	33	27	4	1
	Цена	0,024421	0,048842	0,073263	0,097684
Февраль	Кол-во	27	22	3	0
	Цена	0,024421	0,048842	0,073263	0,097684
Март	Кол-во	32	27	4	1
	Цена	0,024421	0,048842	0,073263	0,097684
Апрель	Кол-во	42	35	5	1
	Цена	0,026288	0,052576	0,078864	0,105152
Май	Кол-во	46	38	5	1
	Цена	0,026288	0,052576	0,078864	0,105152
Июнь	Кол-во	47	39	6	1
	Цена	0,026288	0,052576	0,078864	0,105152
Июль	Кол-во	53	45	6	1
	Цена	0,029532	0,059064	0,088596	0,118128
Август	Кол-во	48	40	6	1
	Цена	0,029532	0,059064	0,088596	0,118128
Сентябрь	Кол-во	43	36	5	1
	Цена	0,029532	0,059064	0,088596	0,118128
Октябрь	Кол-во	49	41	6	1
	Цена	0,033531	0,067062	0,100593	0,134124
Ноябрь	Кол-во	37	31	4	1
	Цена	0,033531	0,067062	0,100593	0,134124
Декабрь	Кол-во	47	39	6	1
	Цена	0,033531	0,067062	0,100593	0,134124

Примечания: 1. цена в млн. руб.;

2. в ДТП приняло участие количество ТС: А – 1; В – 2; С – 3; Д – 4.

Таблица 2 – Данные по пострадавшим в ДТП

Месяц		Погибшие	Раненые			
			Легко	Средней тяжести	Тяжёлые	Инвалиды
Январь	Кол-во	4	38	26	11	2
	Цена	9,25428	0,0160944	0,80472	3,21888	5,43186
Февраль	Кол-во	5	30	21	9	1
	Цена	9,31868	0,0162064	0,81032	3,24128	5,46966
Март	Кол-во	3	36	25	11	2
	Цена	9,41436	0,0163728	0,81864	3,27456	5,52582
Апрель	Кол-во	7	52	36	15	2
	Цена	9,499	0,01652	0,826	3,304	5,5755
Май	Кол-во	5	53	37	16	2
	Цена	9,58456	0,0166688	0,83344	3,33376	5,62572
Июнь	Кол-во	6	53	37	16	2
	Цена	9,64344	0,0167712	0,83856	3,35424	5,66028
Июль	Кол-во	1	60	42	18	3
	Цена	9,69128	0,0168544	0,84272	3,37088	5,68836
Август	Кол-во	9	58	41	17	3
	Цена	9,71428	0,0168944	0,84472	3,37888	5,70186
Сентябрь	Кол-во	3	51	36	15	2
	Цена	9,77776	0,0170048	0,85024	3,40096	5,73912
Октябрь	Кол-во	4	59	41	18	3
	Цена	9,8578	0,017144	0,8572	3,4288	5,7861
Ноябрь	Кол-во	3	46	32	14	2
	Цена	9,98384	0,0173632	0,86816	3,47264	5,86008
Декабрь	Кол-во	4	53	37	16	2
	Цена	10,24512	0,0178176	0,89088	3,56352	6,01344

Примечание: цена в млн. руб.

ПРИЛОЖЕНИЕ К
(справочное)

Предварительные расчеты для определения цепных индексов цен

Таблица 1 - Предварительные расчеты для определения цепных индексов цены Ласпейреса и Плаше

Вид	$q^1 p'$	$q^2 p^2$	$q^3 p^3$	$q^4 p^4$	$q^5 p^5$	$q^6 p^6$	$q^7 p^7$	$q^8 p^8$	$q^9 p^9$	$q^{10} p^{10}$	$q^{11} p^{11}$
1. Мех. Повр. (1)	0,80589	0,659367	0,781472	1,104096	1,209248	1,235536	1,565196	1,417536	1,269876	1,643019	1,240647
1. Мех. Повр. (2)	1,31873	1,074524	1,318734	1,84016	1,997888	2,050464	2,65788	2,36256	2,126304	2,749542	2,078922
1. Мех. Повр. (3)	0,29305	0,219789	0,293052	0,39432	0,39432	0,473184	0,531576	0,531576	0,44298	0,603558	0,402372
1. Мех. Повр. (4)	0,09768	0	0,097684	0,105152	0,105152	0,105152	0,118128	0,118128	0,118128	0,134124	0,134124
2. Погибшие	37,0171	46,5934	28,24308	66,493	47,9228	57,86064	9,69128	87,42852	29,33328	39,4312	29,95152
3. Раненые (п)	0,61158	0,486192	0,5894208	0,85904	0,8834464	0,8888736	1,011264	0,9798752	0,867245	1,011496	0,798707
3. Раненые (с)	20,92272	17,01672	20,466	29,736	30,83728	31,02672	35,39424	34,63352	30,60864	35,1452	27,78112
3. Раненые (т)	35,4077	29,17152	36,02016	49,56	53,34016	53,66784	60,67584	57,44096	51,0144	61,7184	48,61696
4. Раненые ИНВ.	10,8637	5,46966	11,05164	11,151	11,25144	11,32056	17,06508	17,10558	11,47824	17,3583	11,72016
Итого:	107,338	100,6912	98,8612428	161,242768	147,9417344	158,6289696	128,710484	202,0182552	127,2591	159,7948	122,7245

Таблица 2 - Предварительные расчеты для определения цепных индексов цен на Ласпейреса

Вид	$q^1 p^2$	$q^2 p^3$	$q^3 p^4$	$q^4 p^5$	$q^5 p^6$	$q^6 p^7$	$q^7 p^8$	$q^8 p^9$	$q^9 p^{10}$	$q^{10} p^{11}$	$q^{11} p^{12}$
1. Мех. Повр. (1)	0,805893	0,659367	0,841216	1,104096	1,209248	1,388004	1,565196	1,417536	1,441833	1,643019	1,240647
1. Мех. Повр. (2)	1,318734	1,074524	1,419552	1,84016	1,997888	2,303496	2,65788	2,36256	2,414232	2,749542	2,078922
1. Мех. Повр. (3)	0,293052	0,219789	0,315456	0,39432	0,39432	0,531576	0,531576	0,502965	0,603558	0,402372	
1. Мех. Повр. (4)	0,097684	0	0,105152	0,105152	0,118128	0,118128	0,118128	0,134124	0,134124	0,134124	
2. Погибшие	37,27472	47,0718	28,497	67,09192	48,2172	58,14768	9,71428	87,99984	29,5734	39,93536	30,73536
3. Раненые (П)	0,615843	0,491184	0,59472	0,8667776	0,8888736	0,8932332	1,013664	0,9862784	0,874344	1,024429	0,81961
3. Раненые (С)	21,06832	17,19144	20,65	30,00384	31,02672	31,18064	35,47824	34,85984	30,8592	35,59456	28,50816
3. Раненые (Г)	35,65408	29,47104	36,344	50,0064	53,66784	53,93408	60,81984	57,81632	51,432	62,50752	49,88928
4. Раненые инв.	10,93932	5,52582	11,151	11,25144	11,32056	11,37672	17,10558	17,21736	11,5722	17,58024	12,02688
Итого:	108,0676	101,704964	99,918096	162,6641056	148,8278016	159,8736072	129,004384	203,3094384	128,8043	161,7724	125,8354

Таблица 3 - Предварительные расчеты для определения цепных индексов цены Гааше

Вид	$q^2 p^1$	$q^3 p^2$	$q^4 p^3$	$q^5 p^4$	$q^6 p^5$	$q^7 p^6$	$q^8 p^7$	$q^9 p^8$	$q^{10} p^9$	$q^{11} p^{10}$	$q^{12} p^{11}$
1. Мех. Повр. (1)	0,659367	0,781472	1,025682	1,209248	1,235536	1,393264	1,417536	1,269876	1,447068	1,240647	1,575957
1. Мех. Повр. (2)	1,074524	1,318734	1,70947	1,997888	2,050464	2,36592	2,36256	2,126304	2,421624	2,078922	2,615418
1. Мех. Повр. (3)	0,219789	0,293052	0,366315	0,39432	0,473184	0,473184	0,531576	0,44298	0,531576	0,402372	0,603558
1. Мех. Повр. (4)	0	0,097684	0,097684	0,105152	0,105152	0,105152	0,118128	0,118128	0,118128	0,134124	0,134124
2. Погибшие	46,2714	27,95604	65,90052	47,495	57,50736	9,64344	87,22152	29,14284	39,11104	29,5734	39,93536
3. Раненые (л)	0,482832	0,5834304	0,8513856	0,87556	0,8834464	1,006272	0,9775552	0,8616144	1,003283	0,788624	0,92025
3. Раненые (с)	16,89912	20,258	29,47104	30,562	30,83728	35,21952	34,55152	30,40992	34,85984	27,4304	32,12192
3. Раненые (т)	28,96992	35,65408	49,1184	52,864	53,34016	60,37632	57,30496	50,6832	61,21728	48,0032	55,56224
4. Раненые и в.	5,43186	10,93932	11,05164	11,151	11,25144	16,98084	17,06508	11,40372	17,21736	11,5722	11,72016
Итого:	100,0088	97,8818124	159,5921366	146,654168	157,6840224	127,563912	201,5504352	126,4585824	157,9272	121,2239	145,189

ПРИЛОЖЕНИЕ Л
(справочное)
Оценка риска социально-экономических показателей

Таблица 1 – Оценка риска превышения инвестиционных затрат

Превышение инвестиционных затрат		Эксперты			
		Работник Управления ГИБДД	Работник финансового управления	Научный работник	Профессиональный водитель
1	Недостатки проектно-изыскательских работ	средний	средний	средний	низкий
2	Ошибки при подготовке проекта	средний	низкий	высокий	средний
3	Инфляция	низкий	средний	низкий	низкий
4	Недобросовестный подрядчик	высокий	высокий	высокий	средний
5	Превышение затрат из-за исполнителей	высокий	высокий	высокий	низкий

Таблица 2 – Оценка риска снижения социально-экономического эффекта от мероприятия

	Снижение социально-экономического эффекта	Работник Управления дорог и транспорта ГИБДД	Работник финансового управления	Научный работник	Профессиональный водитель
1	Повышение требований к водителям	средний	низкий	средний	средний
2	Отсутствие информационной поддержки проекта	средний	средний	высокий	средний
3	Непредвиденное изменение ситуации на улице	низкий	низкий	высокий	низкий
4	Рост интенсивности движения (критический)	низкий	низкий	высокий	низкий

Таблица 3 – Оценка риска превышения уменьшения бюджета

	Работник ГИБДД	Работник Управления дорог и транспорта	Работник финансового управления	Научный работник	Научный работник	Профессиональный водитель
1 Рост инфляции	средний	средний	низкий	низкий	средний	средний
2 Изменение финансовой политики	низкий	высокий	средний	высокий	средний	средний
3 Падение курса рубля	низкий	средний	средний	средний	средний	низкий
4 Риск уменьшения бюджета	средний	высокий	высокий	высокий	высокий	высокий

Таблица 4 – Оценка веса риска превышения инвестиционных затрат

		Эксперты			
Превышение инвестиционных затрат		Работник Управления дорог и транспорта ГИБДД	Работник финансового управления	Научный работник	Профессиональный водитель
1	Недостатки проектно-изыскательских работ	Высокий	Низкий	Средний	Средний
2	Ошибки при подготовке проекта	Высокий	Низкий	Средний	Низкий
3	Инфляция	Низкий	Средний	Низкий	Низкий
4	Недобросовестный подрядчик	Высокий	Средний	Высокий	Средний
5	Превышение затрат из-за исполнителей	Средний	Средний	Высокий	Низкий

Таблица 5 – Оценка веса риска снижения социально-экономического эффекта от мероприятия

	Снижение социально-экономического эффекта	Работник Управления дорог и транспорта ГИБДД	Работник финансового управления	Научный работник	Профессиональный водитель
1	Повышение требований к водителям	Высокий	Низкий	Средний	Средний
2	Отсутствие информационной поддержки проекта	Низкий	Средний	Средний	Низкий
3	Непредвиденное изменение ситуации на улице	Средний	Низкий	Высокий	Низкий
4	Рост интенсивности движения (критический)	Средний	Низкий	Высокий	Средний

Таблица 6 – Оценка веса риска превышения уменьшения бюджета

	Работник ГИБДД	Работник Управления дорог и транспорта	Работник финансового управления	Научный работник	Профессиональный водитель
1 Рост инфляции	средний	средний	низкий	низкий	высокий
2 Изменение финансовой политики	средний	средний	средний	высокий	низкий
3 Падение курса рубля	средний	низкий	средний	высокий	средний
4 Риск уменьшения бюджета	низкий	средний	высокий	высокий	средний

ПРИЛОЖЕНИЕ М
(справочное)

Расчёт оценки риска снижения инвестиционных затрат

Таблица 1 – Нечёткая оценка риска снижения инвестиционных затрат

μ	Рост инфляции		Изменение финансовой политики		Падение курса рубля		Риск уменьшения бюджета	
	ЛГ	ПГ	ЛГ	ПГ	ЛГ	ПГ	ЛГ	ПГ
0	0,15	0,65	0,3	0,8	0,15	0,65	0,45	0,95
0,1	0,165	0,615	0,33	0,78	0,165	0,615	0,495	0,945
0,2	0,18	0,58	0,36	0,76	0,18	0,58	0,54	0,94
0,3	0,195	0,545	0,39	0,74	0,195	0,545	0,585	0,935
0,4	0,21	0,51	0,42	0,72	0,21	0,51	0,63	0,93
0,5	0,225	0,475	0,45	0,7	0,225	0,475	0,675	0,925
0,6	0,24	0,44	0,48	0,68	0,24	0,44	0,72	0,92
0,7	0,255	0,405	0,51	0,66	0,255	0,405	0,765	0,915
0,8	0,27	0,37	0,54	0,64	0,27	0,37	0,81	0,91
0,9	0,285	0,335	0,57	0,62	0,285	0,335	0,855	0,905
1	0,3	0,3	0,6	0,6	0,3	0,3	0,9	0,9

Таблица 2 – Нечёткая оценка веса риска снижения инвестиционных затрат

μ	Рост инфляции		Изменение финансовой политики		Падение курса рубля		Риск уменьшения бюджета	
	ЛГ	ПГ	ЛГ	ПГ	ЛГ	ПГ	ЛГ	ПГ
0	0,211	0,237	0,211	0,237	0,263	0,254	0,316	0,271
0,1	0,211	0,236	0,211	0,236	0,263	0,255	0,316	0,274
0,2	0,211	0,234	0,211	0,235	0,263	0,255	0,316	0,277
0,3	0,211	0,231	0,211	0,231	0,263	0,256	0,316	0,281
0,4	0,211	0,229	0,211	0,229	0,263	0,257	0,316	0,285
0,5	0,211	0,227	0,211	0,227	0,263	0,258	0,316	0,287
0,6	0,211	0,224	0,211	0,224	0,263	0,259	0,316	0,293
0,7	0,211	0,221	0,211	0,221	0,263	0,260	0,316	0,298
0,8	0,211	0,218	0,211	0,218	0,263	0,261	0,316	0,303
0,9	0,211	0,214	0,211	0,214	0,263	0,262	0,316	0,309
1	0,211	0,211	0,211	0,211	0,263	0,263	0,316	0,316

Таблица 3 – Комплексная оценка риска снижения инвестиционных затрат

μ	Рост инфляции		Изменение финансовой политики		Падение курса рубля		Риск уменьшения бюджета	
	ЛГ	ПГ	ЛГ	ПГ	ЛГ	ПГ	ЛГ	ПГ
0	0,032	0,154	0,063	0,190	0,039	0,165	0,142	0,258
0,1	0,035	0,145	0,069	0,184	0,043	0,157	0,156	0,260
0,2	0,038	0,135	0,076	0,178	0,047	0,148	0,171	0,261
0,3	0,041	0,126	0,082	0,171	0,051	0,140	0,185	0,263
0,4	0,044	0,117	0,088	0,165	0,055	0,131	0,199	0,265
0,5	0,047	0,108	0,095	0,159	0,059	0,122	0,213	0,267
0,6	0,051	0,099	0,101	0,152	0,063	0,114	0,227	0,270
0,7	0,054	0,090	0,107	0,146	0,067	0,105	0,242	0,273
0,8	0,057	0,081	0,114	0,140	0,071	0,096	0,256	0,276
0,9	0,06	0,072	0,120	0,133	0,075	0,088	0,270	0,280
1	0,063	0,063	0,126	0,126	0,079	0,079	0,284	0,284

ПРИЛОЖЕНИЕ Н

(справочное)

Таблица